

Annual Report of the Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary for 1980

Годовой отчет Венгерского Геофизического Института им. Лоранда Этвеша за 1980 г.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1980. évi jelentése





A MAGYAR ÁLLAMI EÖTVÖS LORÁND
GEOFIZIKAI INTÉZET

1980. ÉVI JELENTÉSE

ANNUAL REPORT OF THE EÖTVÖS LORÁND GEOPHYSICAL
INSTITUTE OF HUNGARY
FOR 1980

ГОДОВОЙ ОТЧЕТ
ВЕНГЕРСКОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
ИМ. ЛОРАНДА ЭТВЕША
за 1980 г.

Szerkesztő:
Sz. Kilényi Éva

ETO(UDC) 550.3(061.6)(439 Budapest)(058)
HU ISSN 0524—8655

Felelős kiadó: Müller Pál
Összeállította: Aczél Etelka
Grafikai szerkesztő: Németh Lajos

1 FÖLDTANI KUTATÁS	11
1.1 Komplex geofizikai kutatás a Dunántúli-középhegységben	13
1.1.1 Elő kutatás	15
1.1.2 Felderítő- és előzetes kutatás	21
1.1.3 Előzetes és részletes bauxitkutatás a Bakony hegységben	22
1.1.4 Bányageofizikai mérések az iharkúti bauxitbányában	25
1.2 A Velencei-hegység geofizikai elő kutatása	27
1.3 A Mátra hegység geofizikai elő kutatása	35
1.4 Földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata	40
1.4.1 Magnetotellurikus mérések	40
1.4.2 Szeizmikus mérések	41
1.5 Vízkutatás	45
1.5.1 A GP módszer alkalmazása a Maros hordalékkúp vízföldtani kutatásában ..	45
1.5.2 Árvízvédelmi töltések felülvizsgálata mérnökgeofizikai módszerekkel	50
1.6 A Mecsek hegység szerkezeti elemeinek geofizikai kutatása	55
2 MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS	59
2.1 Szeizmikus módszer- és műszerkutatás	61
vibroszeiz mérési metodika kialakítása a Mecsekben; bányaszeizmikus mérések telephullám modelljének meghatározása és az „átvilágításos” mérési eredmények számitógépes kiértékelése; kéreg- és felsőköpeny-szerkezet kimutatása Biharkeresztől É-ra és a Dunántúli-középhegységben; SD—20 szeizmikus berendezés alapkiépítésének elkészítése; óceáni adatgyűjtő-, feldolgozó és navigációs rendszer fejlesztése; sekélyreflexiós kísérletek ESS—01 műszerrel, kis mélységű bauxit- és szénkutatás elősegítésére	
2.2 Geoelektromos módszer- és műszerkutatás	73
2.2.1 Elektromágneses módszerfejlesztés	73
induktív gerjesztésű multifrekvenciás elektromágneses módszerfejlesztés; konduktív gerjesztésű nagymélységű mesterséges frekvenciaszondázás; magnetotellurikus mérések feldolgozó rendszere R—35 számítógépre	
2.2.2 A gerjesztett polarizációs módszer fejlesztése	80
anomália-minősítő GP mérések a Börzsöny hegységben	
2.2.3 Egyenáramú geoelektromos módszerek fejlesztése	85
egyenáramú potenciál térképezés (PM); egyenáramú matematikai és fizikai modellezés	
2.2.4 Geoelektromos műszerfejlesztés	91
TEM—80 tellurikus műszer, új hordozható, digitális kijelzésű automatikus ellenállás- és gerjesztett potenciál mérőműszerek	
2.3 Mélyfúrási geofizikai módszer- és műszerkutatás	97
2.3.1 Nukleáris műszerfejlesztés	97
szénkutató szonda; KRF—3—220K típusú felszíni mérőműszer; XRF műszerfejlesztés; KRGE—1—50—33x típusú szonda, KRF—1—12x típusú fúrómagminta-elemző mérőfej	

2.3.2	Nukleáris módszerfejlesztés számított és modellezett neutronterek vizsgálata; természetes gamma-sugárzás spektrális összetételének vizsgálata	101
2.3.3	Terepi módszertani vizsgálatok bányabeli röntgenradiometriai vizsgálatok; széntelepek hamutartalmának vizsgálata; bányabeli bauxitkutatás	109
2.3.4	Számítógéppel vezérelt, kalkulátorral kiegészített terepi karotázs szelvényező és gyorskiértékelő rendszerek fejlesztése KD—20 típusú mérő- és gyorskiértékelő állomás; KD—30 típusú mérő- és gyorskiértékelő rendszer	111
2.3.5	A mélyfúrási geofizikai adatok számítógépes feldolgozása mélyfúrási geofizikai információkat értelmező rendszer (SZIVER); korrelációs módszer az akusztikus terjedési sebesség és a csillapodás egyidejű meghatározására	113
2.3.6	A cementgyártás agyag alapanyagainak laboratóriumi vizsgálata	115
3	FÖLDFIZIKAI KUTATÁS a földmágneses tér vizsgálata; ionosféra-magnetosféra kutatás; a földi árapály megfigyelése; nyomásvizsgálatok a tároló porozitásának meghatározására; geodéziai gravimetria; paleomágneses vizsgálatok	119
FÜGGELÉK Külföldi tevékenység: Mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció, szeizmikus mérések Görögországban, líbiai vízkutató mérések; könyvtári szolgálat; kiadványok		133
Annual Report of the Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary for 1980		137
Годовой отчёт Венгерского геофизического института им. Лоранда Этвеша за 1980 г.		197

CONTENTS

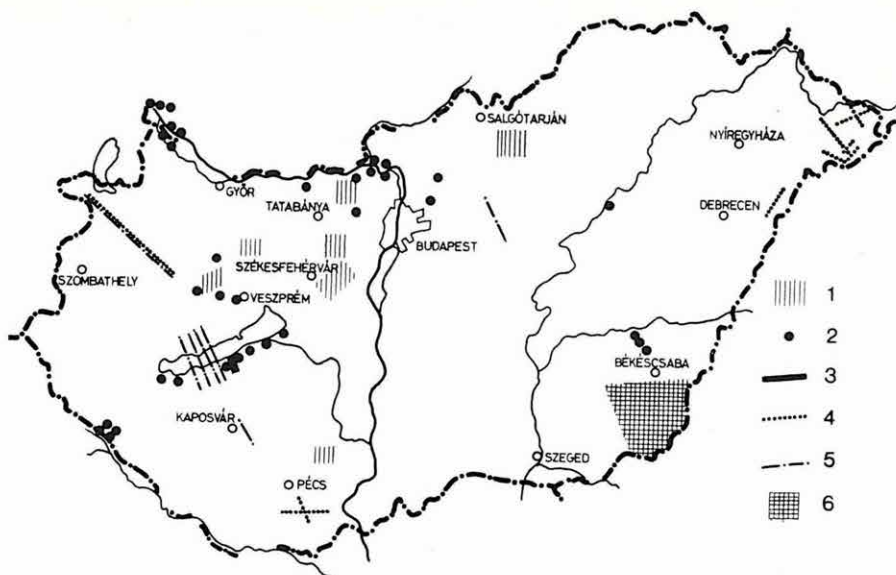
1	GEOPHYSICAL PROSPECTING	139
2	METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH	149
2.1	Seismic	151
	new VIBROSEIS® field technology in the Mecsek Mountains; channel wave model of in-mine seismics and computer processing of transmission measurements; crust and upper mantle structure north of Biharkeresztes and in the Transdanubian Central Range; basic configuration of SD—20 seismic equipment; development of an oceanographic data acquisition, processing and navigation system; experimental shallow seismic measurements by the ESS—01 equipment for bauxite- and coal detection	
2.2	Geoelectric	157
2.2.1	Electromagnetic methodological research	157
	Development of the multifrequency electromagnetic method with inductive coupling; Development of deep penetration multifrequency em method with galvanic coupling; Magnetotelluric data processing system for the R—35 computer	
2.2.2	Development of the induced polarization method	161
	Anomaly classification in the Börzsöny Mts.	
2.2.3	Development of direct current geoelectric methods	163
	Direct current potential mapping; Direct current mathematical and physical modelling	
2.2.4	Geoelectric instrument development	167
	The TEM—80 telluric equipment; New portable automatic resistivity and IP measuring instruments with digital indicator board	
2.3	Well logging	172
2.3.1	Nuclear apparatus design	172
	coal exploration sonde; nuclear surface panel type KRF—3—220K; XRF apparatus design: KRGE—1—50—33x type sonde; core analysis cartridge type KRF—1—12x	
2.3.2	Nuclear methodological research	174
	Investigation of calculated and modelled neutron fields; Investigating spectral composition of natural gamma-radiation	
2.3.3	Methodological investigation in field	178
	X-ray radiometric investigations in mines; Investigation of ash content in coal seams; Bauxite exploration in mines	
2.3.4	Development of computer controlled well logging and express processing systems	180
	KD—20 type microcomputer controlled well logging and express processing station; KD—30 digital apparatus, completed by calculator	
2.3.5	Computer processing of well logging data	181
	Geophysical log interpretation system SZIVER; Correlation method to determine simultaneously acoustic propagation velocity and attenuation	
2.3.6	Laboratory analysis of raw materials for cement production	183

3 EARTH PHYSICS RESEARCH	185
magnetic variations; ionospheric—magnetospheric research; earth tide observations; determination of porosity by pressure registrations; geodetical gravimetry; Paleomagnetic investigation on the geological base section of Mogyorósdomb at Sümeg	
MISCELLANEOUS	194
Operations abroad; International Geological Expedition in Mongolia; Seismic prospecting in Greece; Prospecting for water in Libya; Library; publications	

1	ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ	199
2	ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ	209
2.1	Сейсморазведка	211
	Разработка новой методики вибросейсмических наблюдений в районе гор Мечек; модель пластовых волн в горной сейсморазведке и машинная обработка данных, полученных методом „просвечивания“; строение земной коры и верхней мантии севернее г. Бихаркерестеш и в районе Задунайского среднегорья; создание основной конфигурации сейсморазведочной аппаратуры типа SD—20; разработка системы для сбора, обработки данных и навигации при морских исследованиях; опытные работы МОВ для исследования мелких глубин аппаратурой ESS—01 при поисках залежей боксита и угля, залегающих на небольших глубинах	
2.2	Электроразведка	219
2.2.1	Разработка методики электромагнитных работ	219
	Разработка методики многочастотного электромагнитного зондирования с индуктивным возбуждением; глубинное частотное зондирование с кондуктивным искусственным возбуждением; система для обработки магнитотеллурических данных на ЭВМ ЕС—1035	
2.2.2	Усовершенствование метода возбужденной поляризации	224
	Работы по методу ВП в районе гор Бэржень для оценки аномалий	
2.2.3	Разработка электроразведочных методов постоянного тока	226
	Работы по методу потенциального картирования на постоянном токе; математическое и физическое моделирование на постоянном токе	
2.2.4	Разработка электроразведочной аппаратуры	232
	Аппаратура для метода ТТ типа ТЕМ—80; новые переносные виды аппаратуры с цифровым показанием для автоматического измерения сопротивления и возбужденной поляризации	
2.3	Промысловая геофизика	238
2.3.1	Разработка аппаратуры радиоактивного каротажа	238
	Зонд для изучения угольных скважин; наземная аппаратура РК типа KRF—3—220K; разработка аппаратуры XRF; зонд типа KRGE—1—50—33x; измерительная головка-анализатор буровых кернов типа KRF—1—12x	
2.3.2	Разработка методики РК	240
	Исследование вычисленных и моделированных полей нейтронов; изучение спектрального состава естественного гамма-излучения	
2.3.3	Полевые методические исследования	245
	Горные рентгенорадиометрические исследования; изучение зольности угольных залежей; каротажные работы в бокситовых рудниках	
2.3.4	Разработка систем для записи и экспресс-обработки каротажных данных, управляемые вычислительной машиной	246
	Аппаратура для записи и экспресс-обработки каротажных данных типа KD—20; аппаратура для записи и экспресс-обработки каротажных данных типа KD—30	

2.3.5	Машинная обработка промыслового геофизических данных	248
	Система интерпретации промыслового геофизической информации „SZI- VER“; корреляционный метод одновременного определения скорости распространения звуковых волн и их затухания	
2.3.6	Лабораторный анализ глинистых исходных материалов для производ- ства цемента	250
3	ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ	253
	Изучение геомагнитного поля; исследование ионосферы-магнитосферы; на- блюдения над земными приливами; определение пористости на основании регистрации давления; геодезическая гравиметрия; палеомагнитные исследо- вания	
	ДОПОЛНЕНИЕ	263
	Геофизические работы за-границей: международная геологическая экспеди- ция в Монголии; сейсмические работы в Греции; водоисковые работы в Ли- бии; работа библиотеки; публикации	

1 FÖLDTANI KUTATÁS



1. ábra. Az ELGI terepi kutatásai

- 1 — ásványi nyersanyagok komplex kutatása
- 2 — mérnökgeofizikai és vízföldtani kutatás
- 3 — földkéreg- és litoszféra-kutatás
- 4 — szeizmikus kutatás
- 5 — geoelektromos szelvénymenti mérés
- 6 — geoelektromos területi mérés

Fig. 1. Field work 1980

- 1 — integrated prospecting for minerals;
- 2 — hydrogeological and civil-engineering projects;
- 3 — crustal and lithospheric investigation;
- 4 — seismic survey;
- 5 — geoelectric profiles;
- 6 — geoelectric network

Рис. 1. План полевых работ ЭЛГИ

- 1 — комплексная разведка месторождений полезных ископаемых;
- 2 — инженерно-геофизические и гидрогеологические работы;
- 3 — исследование земной коры и литосферы;
- 4 — сейсморазведочные работы;
- 5 — электроразведочная профильная съемка
- 6 — электроразведочная площадная съемка

1.1 KOMPLEX GEOFIZIKAI KUTATÁS A DUNÁNTÚLI-KÖZÉPHEGYSÉGBEN*

A Dunántúli-középhegységben — a Központi Földtani Hivatal megbízásából — a tervciklus utolsó évében is folytattuk a rendszeres, komplex geofizikai méréseket. A KFH irányításával az előkutatást és a nyersanyagprognosztikát a Magyar Állami Földtani Intézettel, a felderítő és előzetes barnakőszén-geofizikai méréseket pedig a Dorogi Szénbányákkal, Tatabányai Szénbányákkal és a Középdunántúli Szénbányákkal egyeztettük. A felderítő és részletes kutatási fázishoz kapcsolódó bauxitgeofizikai méréseket a Magyar Alumíniumipari Tröszt irányításával, a BKV megbízásából végeztük.

Visszatekintve az V. ötéves terv alatt végzett munkára — amelyről rendszeresen beszámoltunk az Évi Jelentésekben — elmondhatjuk, hogy az átfogó, nyersanyagcentrikus kutatás népgazdasági szinten is számottevő eredményekhez vezetett. Ezek közül is kiemelkednek a következő nyersanyagelőfordulások:

- A Központi Földtani Hivatal megbízásából végzett, geofizikai mérések alapján telepített fúrásokkal sikerült felfedezni, majd komplex geofizikai-fúrásos kutatással (az előzetes kutatási fázisban) körülhatárolni a Mány K—Zsámbék eocén barnakőszén-mező 80 Mt-t meghaladó szénvagyonát. Befejeztük a tarjáni szénmedencében a felderítő fázisú geofizikai méréseket és a fúrásos kutatást. A Héreg, Bajna és Tükrös-pusztai térségében végzett, összehangolt geofizikai-fúrásos előkutatás további 8, kisebb kiterjedésű szénmedence, és két bauxitlencse felfedezéséhez vezetett.
- A Bauxitkutató Vállalat megbízásából végzett mérésekkel az iharkúti és a bakonyoszlopi területen 56 bauxitlencse kimutatásában vettünk részt, és végeztük el ezek geofizikai kutatását.

Az eredményeket a következő koncepciók következetes megvalósítása biztosította:

1. Az ELGI a módszer- és műszerfejlesztési célkitűzéseit, a műszer- és know-how vásárlásokat a hazai kutatási feladatok alapján tervezi, az elért fejlesztési eredményeket közvetlenül terepi mérésekkel ellenőrzi, és a kidolgozott új műszereket, eljárásokat azonnal alkalmazza is a nyersanyagku-

* Albu I., Hoffer E., Kakas K., Majkuth T., Ráner G., Rezessy G., Szabadváry L., Tóth Cs.

tatásban. Széleskörű tudományos együttműködésben vesz részt szovjet, kanadai és USA-beli intézetekkel. Az új kutatási lehetőségeket nyitó fejlesztési irányok terén ki kell emelnünk a VIBROSEIS® mérések széleskörű alkalmazását a kis- és közepes mélységű szilárdásvány kutatásban, valamint a multifrekvenciás elektromágneses térképező és szondázó módszerek bevezetését a bauxit- és barnakőszén kutatásba.

2. Mind a bauxitkutatás, mind a kőszénkutatás területén újszerű, a dolgok lényegét érintő együttműködés alakult ki az ott dolgozó geológusok, geofizikusok és bányászok között. Jó példa erre a gerecsei eocén barnakőszén kutatás, ahol a Dorogi Szénbányák Tervező Irodája, a Tatabányai Szénbányák, a V/O „Technoexport” Szovjet Geológiai Expedíció, az Eötvös Loránd Tudományegyetem, az ELGI Kutatásirányítási Rendszere segítségével közösen irányítja a kutatást, az eredményeket közösen értékeli, készíti elő a számítógépes adatrendszert.
3. Lehetőség van összefüggő, nagy területek rendszeres kutatására; ezen belül a kutatási fázisok hatékony ütemezésével a földtani-geofizikai kutatás fokozatosan a perspektivikus, majd produktív területekre koncentrálható. A fúrási és geofizikai adatok folyamatosan számítógépre kerülnek, a földtani értelmezés is folyamatosan történik, interaktív módon, információs programrendszer és két- illetve háromdimenziós grafikus megjelenítő rendszer segítségével. Minden új fúrás és geofizikai szelvényvonal telepítésénél rendelkezésre állnak a komplexen értelmezett korábbi adatok. A programrendszert — amelyről az 1979. Évi Jelentésben már beszámoltunk — egy terepjáró gépkocsiba épített HP 9845 S típusú számítógépen valósítottuk meg.

Fenti feltételeket olyan keretnek tekintjük, amelyek — új nyersanyagkutatási feladatokkal, új módszerekkel és eljárásokkal kitöltve — a VI. ötéves terv idején a továbbfejlődés alapját képezik.

1980-ban a Dunántúli-középhegység alább felsorolt területein dolgoztunk:

Elő kutatást a MÁFI-val egyeztetett KFH programok keretében, valamint ismert bauxitmezők közvetlen környékén végeztünk:

1. Sümeg, Gyepükaján, Jánosháza és Vashosszúfalu községek környékén (bauxit és szenon kőszén),
2. A Kolontár II. területen (szenon kőszén),
3. Németbányától keletre (bauxit),
4. Bakonyjákó környékén (bauxit),
5. Farkasgyepü környékén (bauxit),
6. Csehbányától északra (bauxit),
7. Magyaralmás környékén (bauxit);

® Conoco szabadalom.

Felderítő és előzetes kutatást végeztünk:

8. Magyarpolány környékén (szenon kőszén),
9. A Gerecse DK-i előterében Mátyás-kelet—Zsámbék területén (eocén barnakőszén),
10. Csordakúttól északra (bauxit),
11. Sárísaftól délre (kaolinos homokkő),
12. Bakonyoszloptól keletre (bauxit);

Részletes bauxitkutatást:

13. Iharkúttól északra és délre,
14. a Bakonyoszlop I. koncentráció területén;

Bányageofizikai méréseket felszíni bányaművelési területen:

15. az Iharkút I. koncentráció területén végeztünk.

Az előkutatás fázisában 1980-ban összesen 5700 ponton mértük a gravitációs tér változását. A 125 km-nyi szelvényvonalon végzett komplex mérés, amely szeizmikus mérésekből és azonos nyomvonalon telepített szondázásokból áll, elsősorban a felderítő és előzetes kutatási fázis módszere. Ebből a szelvényhosszból 61 km-t tesznek ki a szénkutatás céljából végzett, hatszoros vagy tizenkét-szeres fedésű reflexiós mérések. A 0,7 km²-es területen végzett térbeli reflexiós mérések elsősorban a részletes fázisú kőszénkutatás előkészítését szolgálták (a Mátyás K —zsámbéki területen). A multifrekvenciás elektromágneses szondázásokat (790 MFS) és a fúrás-felszín „átvilágító” méréseket (3850 FFG) pedig az előzetes és részletes kutatási fázisban alkalmaztuk. Bauxitkutatási célból 5350 ponton végeztünk potenciáltérképezést (PM), 4500 ponton pedig alacsonyfrekvenciás rádióhullámú (VLF) méréseket. A geofizikai mérések alapján 195 bauxitkutató fúrás mélyült, 56 fúrást telepítettünk eocén szénterületen, 3 fúrást pedig szenon kőszén területen. Ezek közül 32 fúrás (57%) művelelő széntelepet, 20 fúrás művelelő bauxitot harántolt (10%). Reménybelinek bizonyult (nyersanyagindikációt jelzett) 49 fúrás (az összes fúrásnak [254] további 19%-a).

A következőkben ebből a sokrétű munkából mutatunk be néhány jellemző geofizikai módszertani és nyersanyagkutatási eredményt.

1.1.1 Előkutatás

A földtani előkutatás ma már szervesen támaszkodik a geofizikai mérésekre. Ismeretlen területeken ebben az első kutatási fázisban vizsgáljuk az ásványi nyersanyag előfordulási lehetőségeit.

A kutatási tevékenység általában földtani térképezéssel kezdődik, geofizikai mérésekkel folytatódik és néhány kutatófúrással fejeződik be. Tapasztalat

szerint a geofizika akkor a leghatékonyabb, ha egy adott terület előkutatása során a méréseket a földtani és fúrásos kutatással szorosan összehangolva, megfelelő ütemezésben végzik.

Az előkutatás *első ütemében* a geofizikai mérések zömét a gravitációs mérések teszik ki. A mérési terület kijelölése és az állomás-sűrűség meghatározása a meglevő földtani adatok alapján történik. A Bouguer- és különböző másodlagos gravitációs anomália térképek a nagyobb szerkezeti egységeket körvonalazzák és lehetővé teszik a következő ütem beindítását.

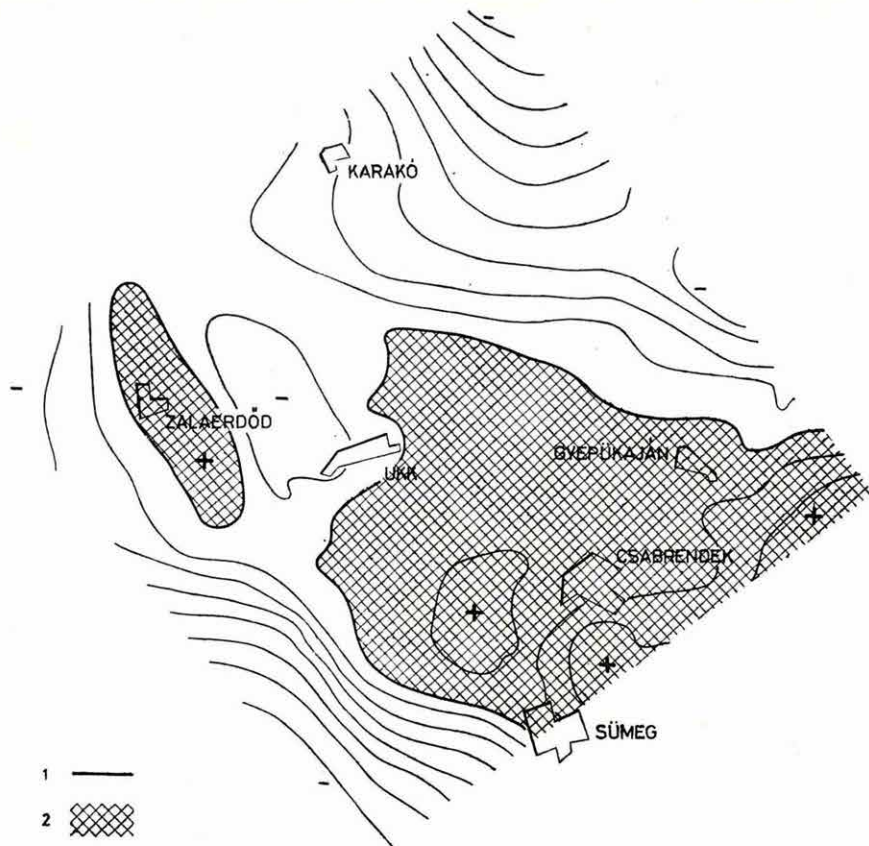
Az előkutatás *második ütemében* a geofizikai méréseket néhány szeizmikus, geoelektromos szelvénnel egészítik ki. A mérésekkel párhuzamosan, az első eredményekre támaszkodva, szükség esetén mód van egy-két földtani alapfúrás mélyítésére, amelyek később geofizikai paraméterfúrásként is felhasználhatók.

A későbbi geofizikai mérések eredményeinek földtanilag komplex értelmezése után kerülhet sor az előkutatás *harmadik ütemére*, amely rétegtani, illetve szerkezetkutató fúrások mélyítését jelenti. A fúrási eredményekkel pontosítani lehet a korábbi geofizikai értelmezést, hogy a későbbi felderítő fázis geofizikai méréseit ennek megfelelően a legérdekesebb területrészekre lehessen koncentrálni.

Sümeg—Ukk—Nemeshany községek környékén a szenon barnaszén előkutatás első ütemét 1980-ban végeztük el. A Bouguer-anomália térkép (2. ábra) a terület nagyszerkezeti felépítéséről és mélységviszonyairól ad információt. Körülhatárolható volt a triász időszak medencealjzatnak az a kb. — 500 m mélységig terjedő területe (vastag vonal), amelyen belül a barnakőszén bányászatilag még érdekes. A Bouguer-anomália térkép és az ebből származtatott különböző másodlagos gravitációs térképek alkalmasak a második kutatási ütem megtervezésére, amely 1981-ben megkezdődött.

Magyarpolány környékén az emelt szerkezeti helyzetben levő terület és közvetlen környezetének előkutatását 1980-ban befejeztük. A geofizikai mérések szoros együttműködésben történtek a MÁFI és a Középdunántúli Szénbányák földtani kutatásaival és a fúrásos tevékenységgel. Azt a célt szolgálták, hogy Ajka vonzáskörzetében újabb szénmezőt biztosítsanak a kimerülő bányák pótlására. Az előkutatás első ütemében készült másodlagos gravitációs anomália térkép (3/a ábra) jól szemlélteti a magasrög elhelyezkedését. Ez és a második ütemben végzett szeizmikus reflexiós mérések egyik lényeges megállapítása az volt, hogy a magasrögnek az a része, ahol a triász-jura alaphegység mélysége — 500 m felett van, nem éri el a korábban feltételezett kiterjedést (19 km²-ről 9,5 km²-re csökkent).

A magasrögnek ezen a részén (az Mp—42 fúrással) harántolt széntelepés Ajkai Formáció Ny felé viszonylag nyugodt településű. Az Ma—11 reflexiós időszelvényen (3/b ábra) jól követhető a kréta időszaki képződmények kivasztagodása és azonosítható az idősebb kréta képződmények megjelenése, amely

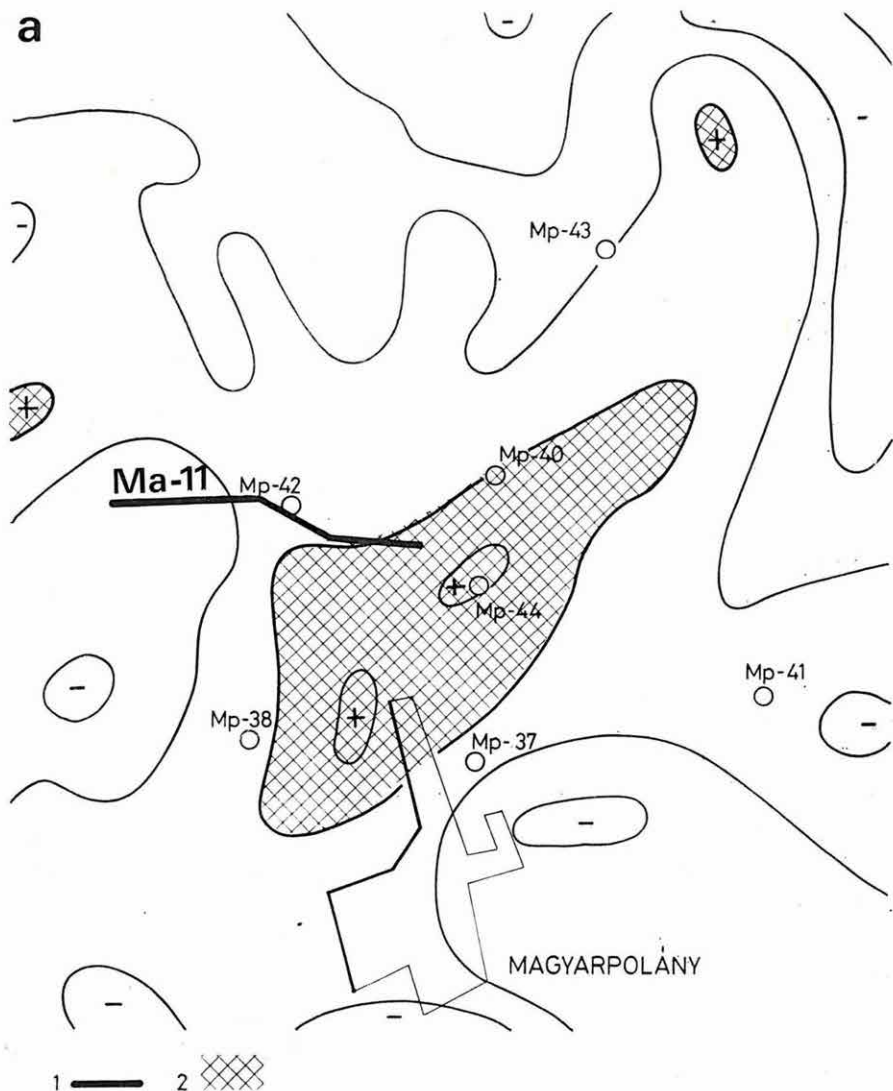


2. ábra. Bouguer-anomália térkép Sümeg—Ukk—Gyepükaján környékén
1 — a kb. —500 tsza. mélység határa; 2 — gravitációs maximum területe

Fig. 2. Bouguer anomaly map of Sümeg—Ukk—Gyepükaján area
1 — limits of basement elevation maximum — 500 m; 2 — area of gravity maximum

Рис. 2. Карта аномалий Буге в районе Шюмег—Укк—Депюкаян
1 — граница раздела на глубине ок. —500 м под уровнем моря; 2 — площадь гравитационного максимума

kréta előtti tektonikához kötődik. A széntelepes Ajkai Formáció éppen ezért csak enyhén követi a kréta üledékek medencealjzatának térszínváltozásait, illetve elmélyülését. Ebből következik, hogy a magyarpolányi területtől Ny-ra és DNy-ra a szenon szenes összlet az Mp—42 fűráshoz hasonlóan előfordulhat a —500 m tengerszint alatti mélység közelében. A földtani és geofizikai adatok figyelembevételével, valamint a kifejlődési tendenciák vizsgálata alapján, további reménybeli területbővülés várható a számbavett szénvagyon területétől Ny-ra, de hasonlóan kedvezőtlen műrevalósági minősítéssel. Magán a magasrögön is kedvezőtlen adottságokat jeleztek a geofizikai mérések és az utánuk



3. ábra. Geofizikai mérések Magyarpolány környékén

a) gravitációs maradék-anomália térkép

1 — a bemutatott szelvény; 2 — az emelt helyzetben levő rög;

Fig. 3. Geophysical measurements in the area of Magyarpolány

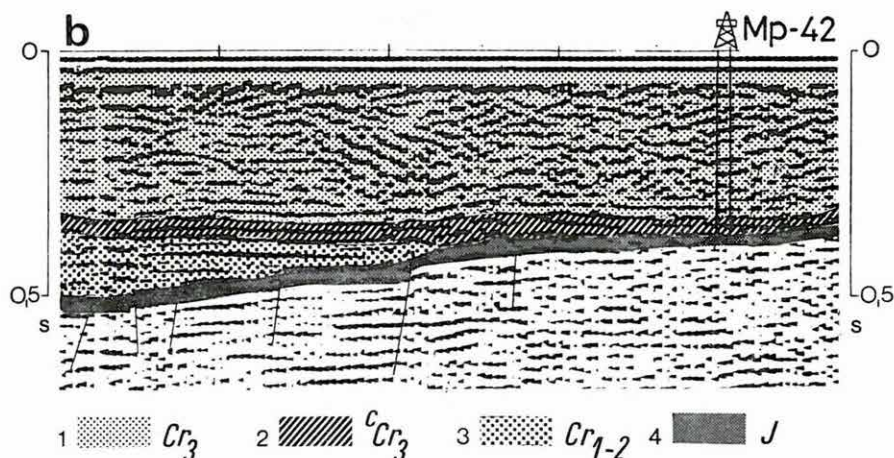
a) gravity residual anomaly map

1 — location of presented cross section; 2 — elevated block

Рис. 3. Геофизические работы в районе Мадьярполань

a) карта остаточных аномалий поля силы тяжести

1 — представленный профиль; 2 — приподнятый блок



3. ábra. Geofizikai mérések Magyarpolány környékén

b) Ma—11 reflexiós időszelvény

1 — felső kréta márga összlet; 2 — felső kréta széntelepes összlet; 3 — alsó kréta összlet; 4 — jura mészkő összlet

Fig. 3. Geophysical measurements in the area of Magyarpolány

b) reflection time section Ma—11

1 — upper Cretaceous marl; 2 — upper Cretaceous coal-bearing formation; 3 — lower Cretaceous; 4 — Jurassic limestone

Рис. 3. Геофизические работы в районе Мадьярполань

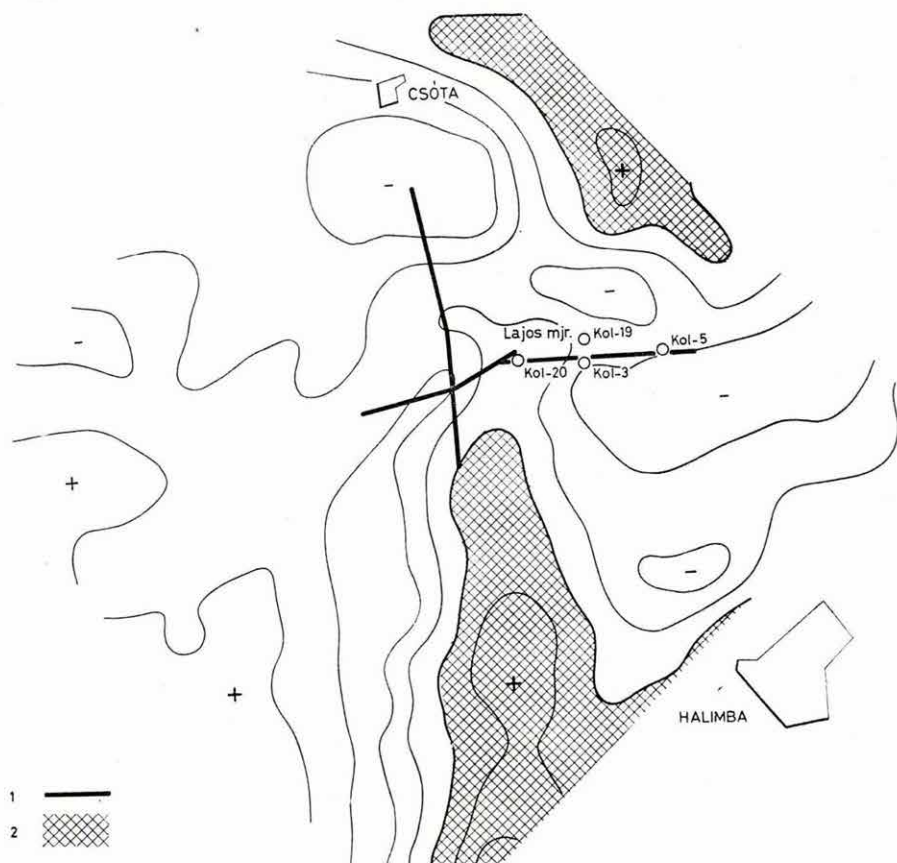
b) Временной разрез МОВ Ма—11

1 — толща мергелей верхнего мела; 2 — угленосная толща верхнего мела; 3 — толща нижнемеловых отложений; 4 — толща юрских известняков

mélyült fúrások. A több helyütt átfúrt széntelepes összletben nem harántoltak műrevaló vastagságú telepeket. Az előkutatás eredményei tehát csak részben igazolták az előzetes várakozásokat; a magasrög körzetében nincs olyan szénmező, amely bányászatiilag jelenleg gazdaságosan kitermelhető lenne és Ajka problémáját megoldaná.

A magyarpolányi terület előkutatásának lezárásával a MÁFI előkutatási és prognosztikai javaslatok közül a Kolontár II. terület kutatása került előtérbe. Itt szénkutató fúrások kitűzésének előkészítésére végeztünk gyors gravitációs és szeizmikus reflexiós méréseket. Már a gravitációs mérések felhívták a figyelmet arra, hogy a fúrástelepítésre kijelölt terület szerkezetileg bonyolult felépítésű. A medencealjatot több — egymást keresztező — vetőrendszer szabdalja olyan részegységekre, amelyek lényegesen eltérő mélységben települnek (4. ábra).

Két reflexiós szelvény az előzetes tektonikai képet csapás- és dőlésirányban részleteiben is meghatározta. Ezek alapján történt meg néhány fúrás helyének kijelölése.

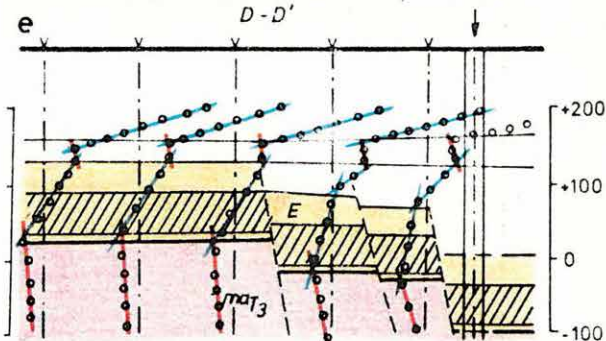
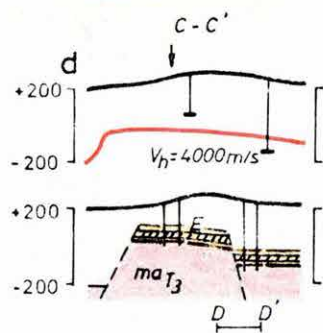
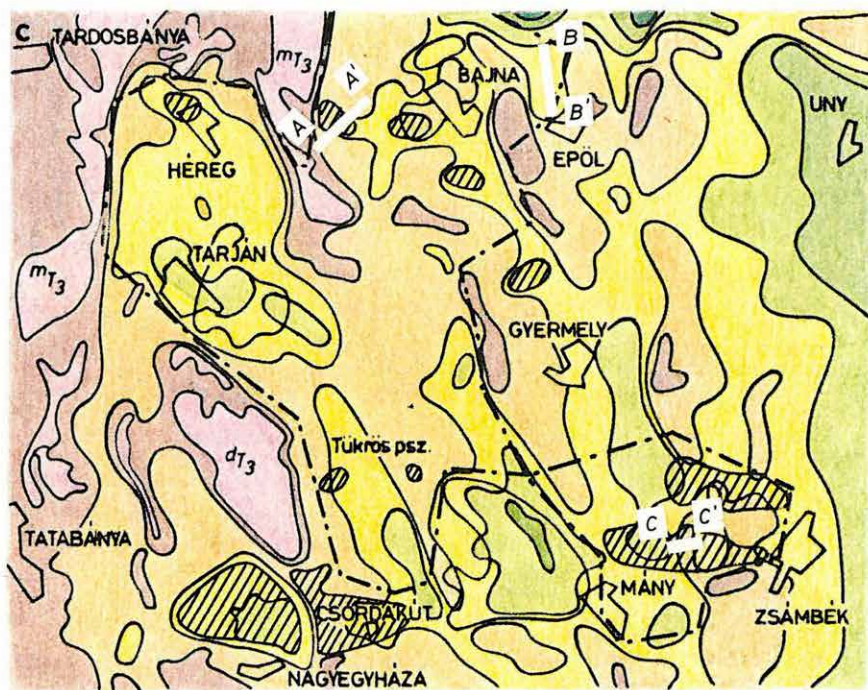
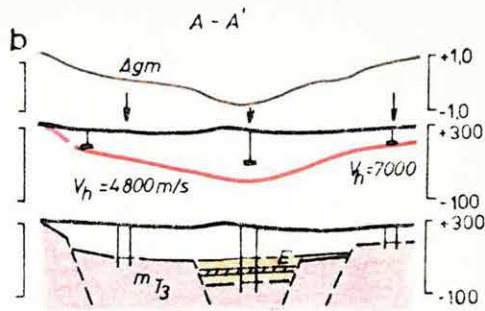
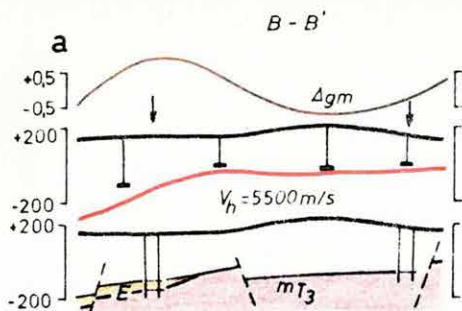


4. ábra. Gravitációs maradék-anomália térkép a „Kolontár II.” területen
1 — szeizmikus reflexiók vonal; 2 — gravitációs maximum területe

Fig. 4. Gravity residual anomaly map of Kolontár II area
1 — reflection seismic profiles; 2 — area of gravity maximum

Рис. 4. Карта остаточных аномалий поля силы тяжести в районе „Колон-
тар II“

1 — сейсмический профиль МОВ; 2 — площадь гравитационного максимума



5. ábra. A Gerecse hegység DK-i előtere

- a) szelvény a bajnai barnakőszén területéről (előkutatás)
- b) szelvény az epöli területéről (előkutatás)
- c) a komplex kutatás eredménytérképe (a felderítő fázis lezárásakor)
- d) szelvény a Mátyás — Zsámbéki barnakőszén területéről (felderítő kutatás)
- e) multifrekvenciás elektromágneses szondázások a Mátyás — Zsámbéki barnakőszén területéről (részletes kutatás első fázisa)
- 1 — fúrás; 2 — mélység a vertikális szondázás alapján; 3 — szeizmikus refrakciós határfelület; 4 — gravitációs maradék-anomália; 5 — javasolt fúrás; 6 — a triász időszaki medence-aljzat mélységvonala; 7 — mészkő és dolomit; 8 — márga; 9 — barnakőszén; 10 — MFS valódi mélység — látszólagos ellenállás diagram

Fig. 5. South-eastern foreground of the Gerecse Mountains

- a) cross section from the coal field of Bajna (regional survey)
- b) cross section from the Epöl area (regional survey)
- c) results of integrated survey (at end of discovery phase)
- d) cross section from the Mátyás—Zsámbék coal basin (discovery survey)
- e) multifrequency electromagnetic soundings in the area of the Mátyás—Zsámbék coal basin (first phase of detailed survey)
- 1 — borehole; 2 — depth to basement according to VES; 3 — seismic refraction boundary; 4 — gravity residual anomaly; 5 — suggested borehole; 6 — depth contour of Triassic basement; 7 — limestone and dolomite; 8 — marl; 9 — brown coal; 10 — MFS depth — apparent resistivity curve

Рис. 5. Юго-восточный форланд горы Гереч

- a) разрез месторождения бурого угля Байна (предварительная разведка)
- b) разрез района Эпёл (предварительная разведка)
- c) результаты комплексной разведки (при заключении рекогносцировочной фазы)
- d) разрез месторождения бурого угля Мань В — Жамбек (рекогносцировочная разведка)
- e) многочастотные электромагнитные зондирования на месторождении бурого угля Мань В — Жамбек (детальная разведка — фаза 1)
- 1 — бурение, 2 — глубина по ВЭЗ, 3 — сейсмический горизонт по МПВ, 4 — гравиметрические остаточные аномалии, 5 — предлагаемое бурение, 6 — контур основания триасового бассейна, 7 — известняк и доломит, 8 — мергель, 9 — бурый уголь, 10 — истинная глубина по многочастотному зондированию — диаграмма кажущегося удельного сопротивления

1.1.2 Felderítő- és előzetes kutatás

Komplex barnakőszén- és bauxitkutatás a Gerecse hegység DK-i előterében (eocén program).

Az 1978-ban indított kutatás területét az 5. ábra mutatja. A kitűzött feladat:

- a tarjáni szénmező felderítő fázisú kutatása,
- további műrevaló szénmező(k) felkutatása,
- a közbülső területek meddő voltának ellenőrzése,
- képet nyerni a terület bauxitperspektívásáról.

A korábbi évek munkájáról az ELGI Évi Jelentéseiben már beszámoltunk, az alkalmazott geofizikai módszereket pedig a közeljövőben a Geofizikai Közleményekben ismertetjük. Itt célunk: röviden összefoglalni a kutatási metodikát.

A triász időszaki medencealjzat domborzatáról és az uralkodó vetőrendszerokről gravitációs módszerekkel, vagy — a 300 méternél kisebb aljzatmélységnél — potenciáltérképezéssel (PM) nyertünk előzetes képet. Ezek alapján telepítettük a dőlés- és csapásirányú komplex szelvényeket (refrakciós méréseket és geoelektromos szondázásokat). Az ellenállás és sebesség adatokból valamint a mélységértékek eltéréseiből következtetni lehetett — többek között — az eocén képződmények várható területi elhelyezkedésére.

Az 5. ábra felső részén két szelvényt mutatunk be. A gravitációs maradékanómália (Δg_m) alatt ábrázoltuk a refrakciós és geoelektromos mélységadatokat, majd ez alatt a geofizikai mérésekből szerkesztett földtani szelvényt. A kutatófúrások egy-egy vetővel határolt tektonikai egységre kerültek az ezekre külön kialakított barnakőszén-földtani értelmezés alapján. Az AA' szelvény a bajnai barnakőszén előfordulást jellemzi. Itt az igen jó minőségű szén vízszintes kiterjedése viszonylag kicsi; több — egymástól kilométeres meddő sávokkal tagolt — részmedencére korlátozódik. A BB' szelvény az Epöltől É-ra fekvő „öböl” felépítését mutatja. Itt az eocén képződmények csak a széntelepes összlet fedőrétegeit tartalmazzák. Ezért további mérésekre már nem került sor.

Ott viszont, ahol az előkutatás összefüggő, műrevaló széntelepek jelenlétére utalt, ezt követően nagyobb felbontóképességű geofizikai módszereket alkalmaztunk minden korábbi kutatásnál nagyobb arányban. Ilyen méréseket a tarjáni és a Mátyás K—zsámbéki medencében végeztünk. A mérések célja a szénmező lehatárolása, tagoltságának meghatározása volt, a jövőbeni bányászat frontfejtéseit döntően befolyásoló, 20–100 méteres közép méretű tektonika meghatározásával. A reflexiós mérések és fúrás-felszín „átvilágító” (FFG) módszer alkalmazásáról a korábbi években beszámoltunk. Az 5. ábra alján a multifrekvenciás elektromágneses szondázások (MFS) alkalmazására mutatunk példát a zsámbéki előzetes kutatási fázisban (a módszert a 2.2. fejezetben ismertetjük.) A CC' szelvényhez képest függőlegesen négyszeresére, vízszinte-

sen húszszorosára nagyított DD' szelvényen jól látható a felbontóképesség növekedése.

A geofizikai mérésekkel pontosított földtani kép alapján a Mátyás K—zsám-béki területen 1980—81-ben befejeződött az előzetes kutatási fázis fúrásainak mélyítése.

Az 1981. április 1-én záródó kutatások eredményeként elmondhatjuk, hogy

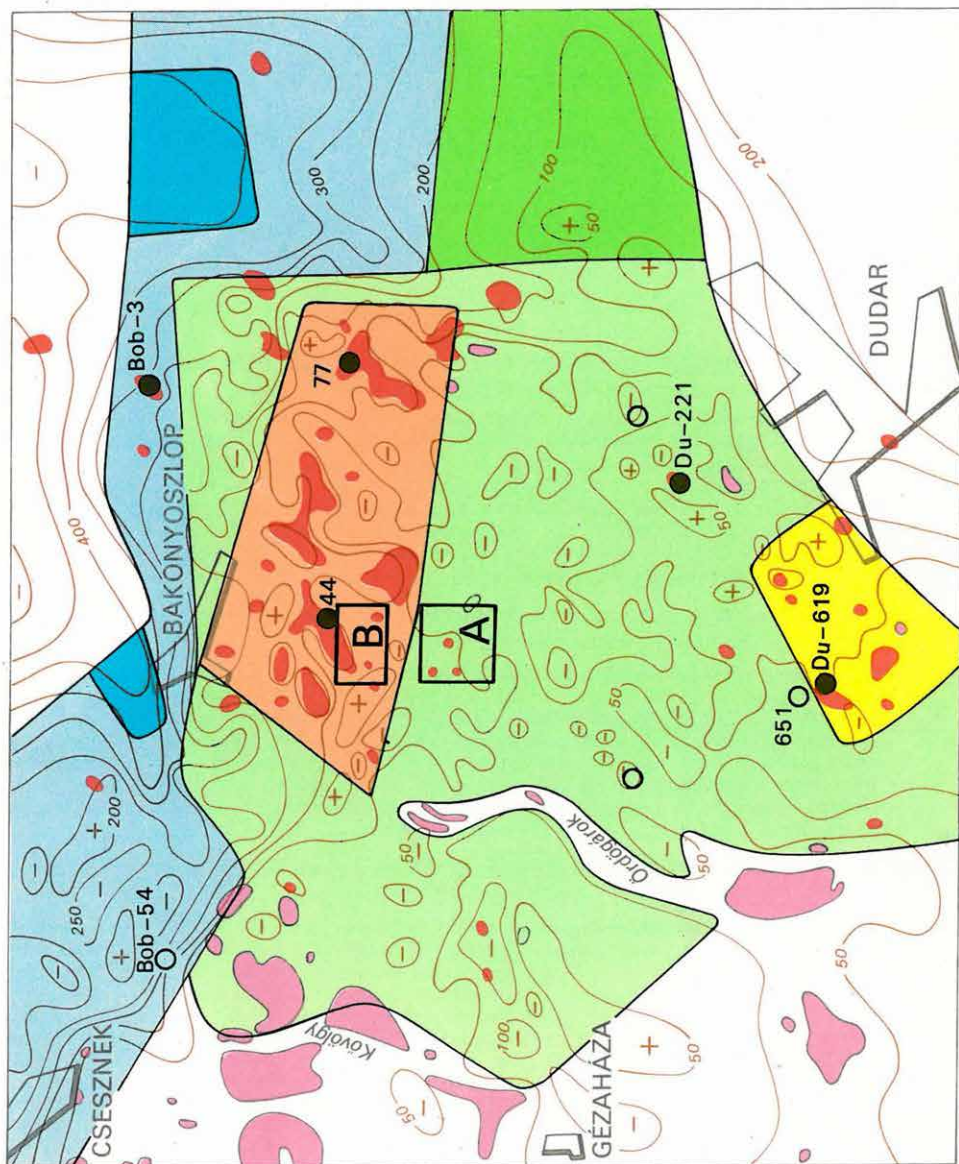
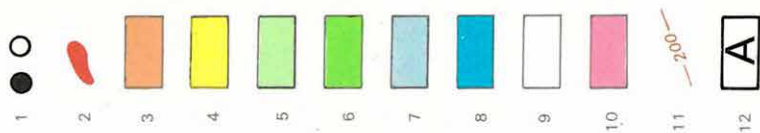
- a tarjáni szénmező felderítő kutatása befejeződött,
- új, a nagyegyházi és mátyási szénmezővel azonos nagyságrendű szénmező felfedezésére került sor Mátyás és Zsám-bék között, befejeződött ennek elő-zetes fázisú kutatása,
- a kutatási területen belül 5—10 millió tonnát elérő kisebb szénmezők (Bajna, Héreg, Tükrös) váltak ismertté,
- Tükrös környékén ipari minőségű bauxitot találtunk,
- lehatárolódott 116 km²-nyi meddő területrészt (a produktív zónák össze-sen 36 km²-nyi kiterjedésével).

1.1.3 Előzetes- és részletes bauxitkutatás a Bakony hegységben

A bakonyoszlapi bauxitok a triász földolomit tektonikusan preformált árkaiban — többnyire kemény, vastag eocén mészkővel fedetten — találhatók. A me-redek falú bemélyedések keskenyek (50—100 m), viszont hosszan elnyúltak, ezekben a bauxit vastagsága néhol az 50 m-t is eléri. A nagyellenállású (50—150 ohmm-es) bauxit a másutt eredményes módszerekkel itt nem mutatható ki, mert „felülről leárnyékolja” a nagyellenállású (150—300 ohmm-es) eocén mészkő. Bonyolítja a bauxitgeofizikai modellt a vastag, jólvezető (10—30 ohmm) oligo-miocén összlet, amely az eocén mészkőt takarja, és a felszíni geoelektro-mos módszer energiáját nagyrészt elvezeti.

A területen 1972 óta folyó geofizikai mérések egy része módszertani kísérlet volt, amelyeknek eredményeiről az Évi Jelentésekben már beszámoltunk. A fen-ti probléma megoldására fejlesztette ki az ELGI a fúrás-felszín (FFG) és a fúrás-fúrás (BFG) közti átvilágító módszert (egyenáramú térképezés), valamint a különböző multifrekvenciás szondázó (MFS) és térképező (MFM) elektro-mágneses módszereket.

Az előfordulás most feltárás alatt álló részén az 1979-ben indított kísér-leti geofizikai programot 1980-ban fejeztük be. Ennek keretében a Bauxit-kutató Vállalattal együtt az „iharkúti modell” után a „bakonyoszlapi eocén mészkővel árnyékolt modell”-en is megvizsgáltuk a geofizikai méréseknek a bauxitkutatás különböző fázisaiban kialakítható szerepét. Különös figyelmet fordítottunk a geofizikai és fúrási tevékenység optimális összehangolásának elemzésére, a hálózatos fúrástelepítési rendszer — „reménybeli geofizikai



6. ábra. A Bauxitkutató Vállalat megbízásából végzett bauxitkutató geofizikai mérések területe Bakonyoszlop körzetében

1 — kutató fúrás (● produktív); 2 — bauxittelepek; 3 — feltehetően produktív és jelenleg részletes kutatás alatt álló terület (fekülmélység kisebb mint 200 m); 4 — feltehetően produktív terület (fekülmélység kisebb, mint 100 m); 5 — perspektivikus terület (geofizikailag 1:10 000-es méretarányban megkutatva, fekülmélység kisebb mint 200 m); 6 — perspektivikus terület (geofizikailag 1:25 000-es méretarányban megkutatva, fekülmélység kisebb, mint 200 m); 7 — tovább kutatandó terület; 8 — fekülmélység nagyobb, mint 200 m; 9 — geofizikailag nem vizsgált terület; 10 — triász időszaki dolomit vagy mészkő a felszínen; 11 — a mezozoos karbonátos medencealjzat mélységvonalai; 12 — a bemutatott geofizikai térkép helye

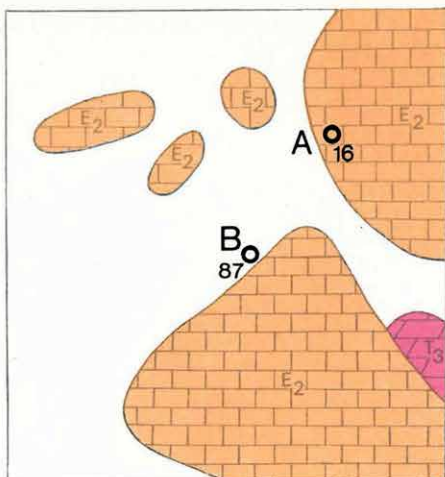
Fig. 6. Area of bauxite-geophysical measurements near Bakonyoszlop financed by the Bauxite Prospecting Enterprise

1 — exploration borehole (● productive); 2 — bauxite lens; 3 — prospective area, at present under detailed survey (basement less than 200 m deep); 4 — prospective area (basement less than 100 m deep); 5 — prospective area (geophysical survey on scale of 1:10,000, basement less than 200 m deep); 6 — prospective area (geophysical survey on scale of 1:25,000, basement less than 200 m deep); 7 — area marked out for further investigation; 8 — basement more than 200 m deep; 9 — area not investigated by geophysics; 10 — Triassic limestone or dolomite outcrop; 11 — depth contour of Mesozoic basement; 12 — insets of geophysical maps of Fig. 7 and 8

Рис. 6. Район геофизических работ для разведки боксита по поручению Предприятия по разведке бокситов около с. Баконьослоп

1 — разведочная скважина (● продуктивная), 2 — бокситовые залежи, 3 — перспективная площадь, где в настоящее время проводятся детальные работы (глубина залегания подошвы меньше 200 м), 4 — перспективная площадь (глубина залегания подошвы меньше 100 м), 5 — перспективная площадь (изучена геофизическими методами по масштабу 1 : 10 000, глубина залегания подошвы меньше 200 м), 6 — перспективная площадь (изучена геофизическими методами по масштабу 1 : 25 000, глубина залегания подошвы меньше 200 м), 7 — участок, выбранный для дальнейших исследований, 8 — глубина залегания подошвы больше 200 м, 9 — участок, неизученный геофизическими методами, 10 — выходы триасового доломита или известняка на дневной поверхности, 11 — контур карбонатного основания мезозойского возраста, 12 — план расположения приведенных геофизических карт.

a



1 A○₁₆

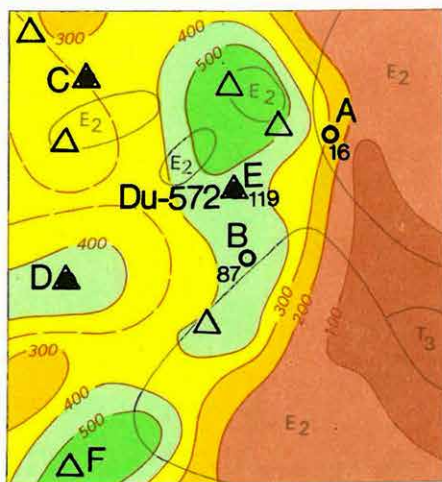
2 E●₁₁₉

3 — 200 —

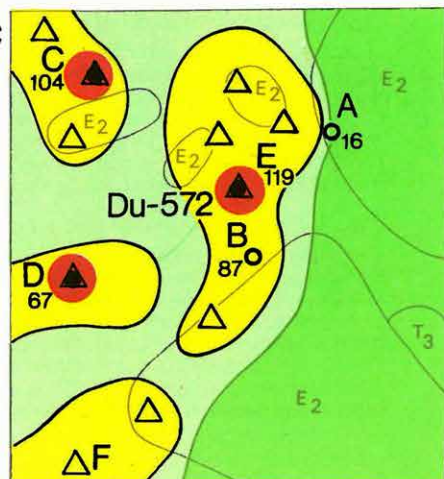
4

5

b



c



6

7

8

9

10

7. ábra. Bakonyoszló „A” terület felderítő kutatása

a) ismeretek a mérések előtt

b) σ_a anomália térkép (BFG mérésekből)

c) a terület perspektivitásának értékelése a geofizikai mérések alapján

1 — improduktív fúrás a medencealjzat mélységével; 2 — produktív fúrás a medencealjzat mélységével; 3 — σ_a izovonalak; 4 — dolomit; 5 — mészkő; 6 — fúrással feltárt bauxit; 7 — feltehetően produktív terület; 8 — tovább kutatandó, közepes mélységű terület; 9 — tovább kutatandó, sekély mélységű terület; 10 — javasolt fúrások

Fig. 7. Discovery survey of area A of Bakonyoszló

a) known data before start of survey

b) σ_a anomaly map (from down-hole — down-hole potential mapping)

c) classification of prospects on the basis of geophysics

1 — unproductive borehole, with depth to basement; 2 — productive borehole with depth to basement; 3 — σ_a isolines; 4 — dolomite; 5 — limestone; 6 — bauxite, hit by drilling; 7 — prospective area; 8 — area, marked out for further investigation of medium depth; 9 — area marked out for further investigation of shallow depth; 10 — suggested borehole

Рис. 7. Рекогносцировочная разведка в районе „А” с. Баконьослоп

a) Данные перед изучением

b) карта аномалий σ_a (по измерениям BFG)

c) оценка перспективности района по данным геофизики

1 — непродуктивная скважина с указанием глубины залегания основания бассейна, 2 — продуктивная скважина с указанием глубины залегания основания бассейна, 3 — изолинии σ_a , 4 — доломит, 5 — известняк, 6 — боксит, вскрытый в результате бурения, 7 — перспективный участок, 8 — участок для дальнейших работ средней глубинности, 9 — участок для дальнейших работ небольшой глубинности, 10 — предлагаемые скважины

anomáliák” tükrében való — optimalizációjára, a dinamikus fúrástelepítési rendszer alkalmazására, a számítógépes feldolgozás lehetőségeire.

Megállapítást nyert, hogy

- a) a területen eddig alkalmazott, más modelleken igen hatékony geofizikai módszerek mellett — a felbontóképesség fokozására és a változó összetételű fedő zavaró hatásainak kiszűrésére — növelni kell a korszerűbb elektromágneses multifrekvenciás és többszörös fedésű sekély-reflexiók ill. térbeli reflexiók módszerek arányát.
- b) A korszerű geofizikai módszereket is felhasználó bauxitkutatás még eredményesebbé és hatékonyabbá válhat, ha a fúrások bauxitföldtani elemzéseit és a geofizikai eredményeket számítógépen dolgozzuk össze és komplexen együtt értelmezzük.

Bakonyoszlopon a Bauxitkutató Vállalat megbízásából megkezdjük a felszíni geofizikai mérések és fúrások adatainak együttes számítógépes feldolgozását, illetve különböző kutatási lépcsőkben az ez alapján szerkeszthető földtani kép grafikus megjelenítését.

A bakonyoszlopi bauxitelfordulás területén (6. ábra) a részletes geofizikai mérések kb. 5 km²-nyi területre terjedtek ki (pirossal és sárgával jelölve). Ezen kívül az elmúlt 3 évben mintegy 30 km²-en végeztünk 1:25 000, ill. 1:10 000-es méretarányú geofizikai térképezést.

Ez utóbbiakat gravitációs, egyenáramú geoelektromos (PM, FFG, BFG), elektromágneses (VLF, MFM) módszerekkel végeztük, amelyeket szintazonosító vertikális elektromos (VESZ) és multifrekvenciás (MFS) szondázásokkal, ill. szeizmikus refrakciós szelvényezésekkel egészítettünk ki. A komplex geofizikai mérések és értelmezés alapján szerkesztett eredménytérképek tartalmazzák a bauxitfekü domborzatának legvalószínűbb képét és a területek különböző perspektivitású zónáinak kijelölését (BKV-val közös munka). Ezek alapján tervezzük a kutatás további fázisait, a szükséges fúrási és geofizikai tevékenységet.

A 6. ábrán láthatók 200 m-nél sekélyebb területrészek; világos zölddel jelölve a már 1:10.000-es léptékű geofizikai térképezések, sötétzölddel a térképezésre kijelölt területét. A 200 m-nél mélyebb (világoskék) területek kutatását megkezdjük; a 400 m-nél mélyebb (sötétkék) területek kutatását jelenleg nem tervezzük.

A következőkben néhány példát mutatunk be kutatási feladatainkból.

A 7. ábra szemlélteti (a 6. ábrán A-val jelzett területről), hogy a geofizikai mérések alkalmazásával gyorsabban el lehet jutni a felderítő kutatási fázistól a részletező fázisig. A 7. a-val jelzett térképen a kezdeti ismeretek láthatók: a triász és eocén kibúvások és két, régebben mélyített meddő fúrás (A és B) melyek a földolomitot 16 m, illetve 87 m mélységben érték el. A területen BFG méréseket végeztünk. A σ_a paramétertérkép (b-val jelzett térkép) nagyobb vezető-

képességű zónája egyben a medencealjzat elmélyülését jelzi. Ezek szerint egy közel ÉÉK—DDNy csapású, nagyobb elvetési magasságú vető két részre osztotta a területet:

a baloldali részen (ahol a medencealjzat átlagos mélysége közel 100 m, 4 db önállóan mondható dolomit bemélyedést feltételezünk. A σ_a vezetőképesség-maximumokkal (zöld-kék színnel) jelzett, bauxitra reménybeli geofizikai anomáliákon mélyített C, D, E fúrások bauxitot harántoltak, a medencealjzatot 67—104, ill. 119 méter mélységben érték el. A negyedik tervponton (F) még nem mélyítették fúrást. Az eddigi fúrások eredménye és a σ_a térkép anomáliái alapján kijelölhetők lettek a részletező fázisban javasolandó további fúrások helyei is;

a jobboldali területen (ahol a medencealjzat felszínközelen — azaz kisebb mint 20 m mélységben — van) az 50×50 m-es hálózatu BFG mérések önálló bemélyedést nem mutattak ki. E területet sűrű hálózatu elektromágneses (VLF és MFM) mérésekkel lehet továbbkutatni.

A 8. ábrán egy a részletes kutatási fázishoz (6. ábrán B-vel jelzett terület) kapcsolódó feladatot és a geofizikai mérések eredményét mutatjuk be. A részletes fázis indításakor a területen már 3 bauxitlencse volt ismert (8. ábra a-val jelzett térkép).

A feladat annak megállapítása volt, hogy valószínűsíthető-e újabb bauxitlencse a területen, illetve a már ismert lencsék között van-e kapcsolat.

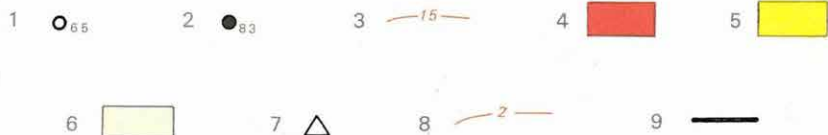
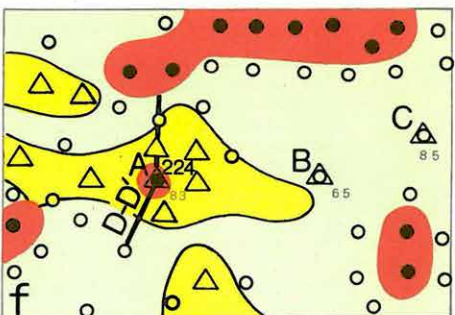
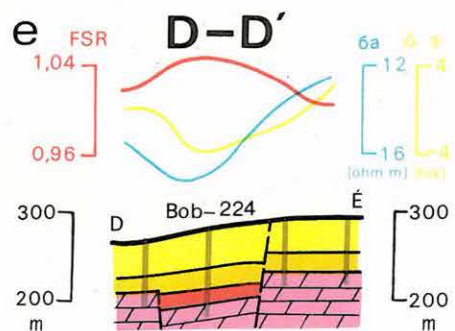
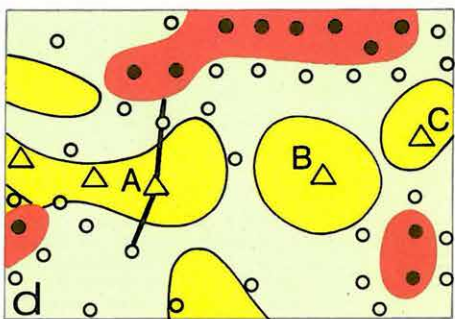
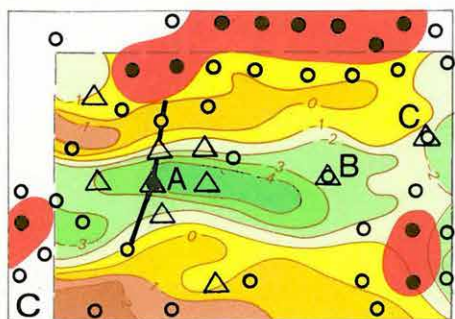
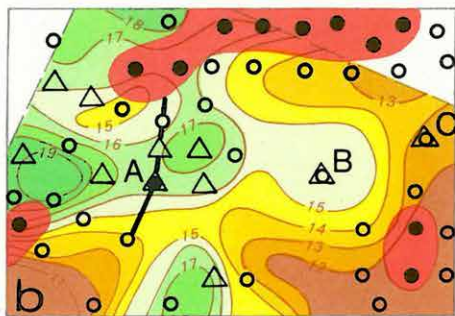
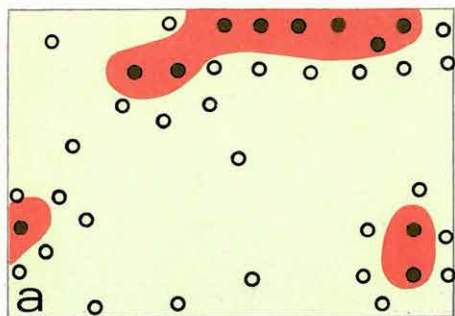
A kérdések eldöntéséhez (külső fúrásból) FFG és többirányú MFM méréseket végeztünk. A σ_a vezetőképesség (8/b) és a $\Delta\varphi$ fáziskülönbség (8/c) térképen több olyan jólvezető zóna jelentkezett, amelyek a medencealjzat elmélyülésére utaltak. A geofizikai mérések eredményét a 8/d térképen foglaltuk össze, megadva a fúrási javaslatokat is.

A fúrások közül az A fúrás a medencealjzatot 83 m mélységben érte el és 14 m vastag bauxitot harántolt. A B és C fúrásnál a medencealjzat 65 ill. 80 m-ben van; a bemélyedést igazolták, de bauxitot nem harántoltak. A 8/e ábra a geofizikai paraméter szelvényeket és a földtani metszetet szemlélteti. Látható a preformáló és a fiatal tektonika megjelenése a szelvény déli ill. északi oldalán.

A három fúrás eredménye és a geofizikai-bauxitföldtani értelmezés alapján a terület továbbkutatására tett javaslatot a 8. ábra f. térképe foglalja össze.

Az eredmények:

- körülhatárolhatóak voltak a meddőnek bizonyult területrészek;
- megadható továbbkutatási javaslat az északi és az újonnan kimutatott bauxitlencsére,
- kijelölhető volt egy esetleges új bauxitlencsére reményteljes geofizikai anomália.



8. ábra. Bakonyoszlop „B” terület részletes kutatása

- a) ismeretek a mérések előtt
 - b) σ_a anomáliatérkép (FFG mérésekből)
 - c) elektromágneses (TURAM fáziskülönbség) térkép
 - d) a geofizikai mérések eredménye
 - e) jellemző földtani-geofizikai szelvény
 - f) a terület perspektivitásának értékelése a geofizikai adatok alapján
- 1 — improktív fúrás a medencealjzat mélységével; 2 — produktív fúrás a medencealjzat mélységével; 3 — σ_a izovonalak; 4 — fúrással feltárt bauxit; 5 — feltehetően produktív terület; 6 — tovább kutatandó, közepes mélységű terület; 7 — javasolt fúrások; 8 — TURAM fáziskülönbség izovonal; 9 — földtani-geofizikai szelvény

Fig. 8. Detailed survey of area B of Bakonyoszlop

- a) known data before start of survey
 - b) σ_a anomaly map (from down-hole — surface potential mapping)
 - c) electromagnetic (TURAM phase difference) map
 - d) results of geophysical survey
 - e) characteristic geological — geophysical cross section
 - f) classification of prospects on the basis of geophysics
- 1 — unproductive borehole with depth to basement; 2 — productive borehole with depth to basement; 3 — σ_a isolines; 4 — bauxite hit by drilling; 5 — prospective area; 6 — area marked out for further investigation of medium depth; 7 — suggested borehole; 8 — isolines of TURAM phase difference; 9 — geological — geophysical cross section

Рис. 8. Детальная разведка в районе „Б“ с. Баконьослоп

- a) данные перед изучением
 - b) карта аномалий σ_a (по измерениям FFG)
 - c) результаты геофизических работ
 - d) характерный геолого-геофизический разрез
 - e) оценка перспективности района по данным геофизики
- 1 — непродуктивная скважина с указанием глубины залегания основания бассейна, 2 — продуктивная скважина с указанием глубины основания бассейна, 3 — изолинии σ_a , 4 — боксит, вскрытый в результате бурения, 5 — перспективный участок, 6 — участок для дальнейших работ средней глубинности, 7 — предлагаемые скважины, 8 — изолинии разности фаз ТУРАМ, 9 — геолого-геофизический разрез

1.1.4 Bányageofizikai mérések az iharkúti bauxitbányában

A bauxitgeofizika új, ígéretes ágát a már működő, vagy előkészítés alatt álló bauxitbányákban való mérés jelenti. Bauxitelőfordulásaink nagy részén ugyanis a bauxit a feküdoomit karsztos-tektonikus úton képződött mély árkaiban, töbreiben helyezkedik el. Az árkok, töbrök átmérője gyakran kisebb, mint a mélységük. Az ilyen „mélyárkos-töbrös” települési típusnál mind a készlet-számításhoz, mind a termelésstervezéshez a bauxittest alakját viszonylag pontosan kellene ismernünk és ehhez csak fúrásokat használni időt rabló és viszonylag költséges.

1980-ban (a Bauxitkutató Vállalat megbízásából, a Bakonyi Bauxitbánya Vállalat segítségével) olyan kísérleti méréssorozatba kezdtünk, amelynek célja a bauxittest határait kimutató geofizikai mérés-komplexum kidolgozása volt.

A gyakorlati feladat:

- a bauxittest kiékelődési vonalának részletes meghatározása (például külszíni fejtéseknél a fedőletakarítás megkezdése előtt, azután a bauxit felszínén, esetleg egy-egy szelet kitermelése után);
- annak jelzése, hogy a fejtés alatt álló bauxittest következő (pl. 6 m vastagságú) szeletében várható-e a bauxittestbe benyúló dolomit gerinc.

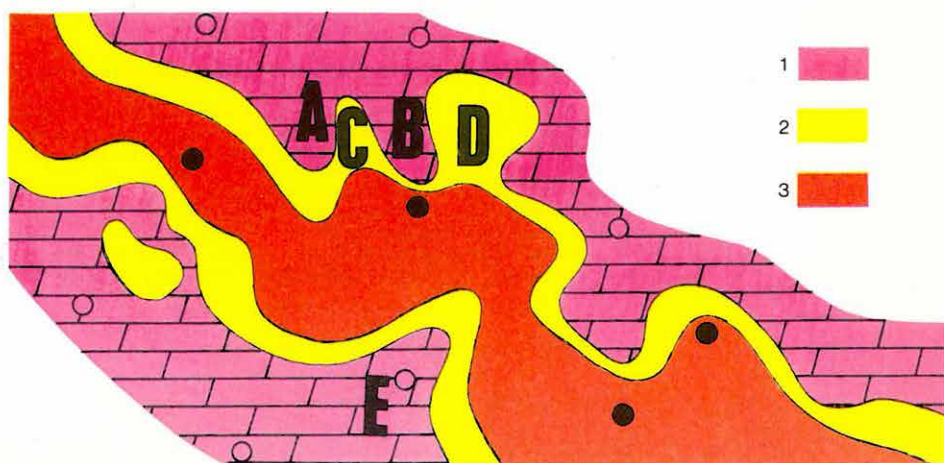
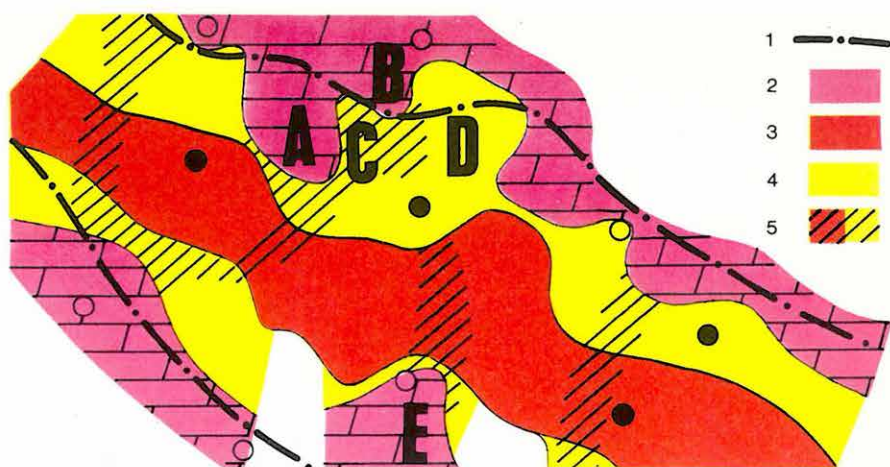
A kísérleteket az Iharkút V. lencsében végeztük. A lencse felett történtek az invariáns VLF mérések kísérletei is, amelyekről az 1977. Évi Jelentésben számoltunk be. A fedőtől megtisztított bauxit felszínén 4×4 m-es hálózatban, több módszerrel kísérleteztünk. A feladat nehézségét a határoló „dolomitfalak” torzító hatása, a bauxit változó fizikai paraméterei és a bányabeli technológiai körülmények fokozták. A szükséges módszertani és észleléstechnikai fejlesztés után, a „dolomitfalak” kimutatásában a legjobb eredményt geoelektromos vezetőképesség-térképezéssel (a PM és a BFG eljárás kombinációjával), hárompólusú (AMN) ellenállásszelvényezéssel és szeizmikus refrakciós szelvényezéssel értük el.

Az együttes értelmezésből a +339 m-es szinten 1981 januárjában készült el az az értelmezési térkép (9. a. ábra), amelyen bejelöltük a nagyvastagságú (>6 m) bauxit elterjedését, és berajzoltuk az eltakart „dolomit gerinceket”. Ezzel igazolódott a bauxitgeológiának az a feltételezése, hogy a bauxittest nem egy kanyonszerű árok kitöltése, hanem sorozatban elhelyezkedő önálló „karsztkutakat” tölt ki a bauxit, amelyek felső része összeolvad.

A meginduló kitermelés igazolta ezeket a dolomit gerinceket. A bauxittest fala igen meredek, néhol áthajló is lehet. A fénykép (9. b. ábra) a bauxitlencse egyik oldalát mutatja, a térképen A-val és B-vel jelölt két dolomit-szírttel és ezek között egy kisebb (C) és egy nagyobb (D), bauxittal kitöltött „fülkével”. A kép előterében már a bauxitlencse DNY-i határát alkotó dolomitrög (F) látszik. Az első „szelet” letermelése után (a 331 m-es szintről) a dolomitfalak

helyzetét a bányaföldtani szolgálat a 9. c. térképen adta meg (készült a Bakonyi Bauxitbánya Vállalatnál).

A bemutatott példa eredményei kijelölik a most is folyó módszerfejlesztés irányát. Olyan gyors, gazdaságos és nagy felbontóképességű geofizikai módszereket, vagy ezek olyan kombinációját kell kialakítanunk, amely bányabeli körülmények között is jól alkalmazható és eredményei a termelés irányításához közvetlenül felhasználhatók. Elsősorban az elektromágneses térképezés látszik ilyen módszernek, kombinálva fúrások közötti „átvilágításos” módszerekkel és nagyfrekvenciás szeizmikus szelvényezéssel. Tervezzük, hogy a kísérleteket — a további külszíni alkalmazás mellett — mélysztintű bányákban, a vágattal alatti bauxitvastagság meghatározására is kiterjesztjük.



9. ábra. Bányageofizikai mérések eredménytérképe az iharkúti bauxitbányában

- a) a bányageofizikai mérések értelmezése a 339-es szinten, Iharkút V. lencse, 1981. január
1 — a bauxittest határa a fúrások szerint; 2 — geofizikai mérésekkel kimutatott felszínközeli dolomit; 3 — a bauxit elterjedése; 4 — a bauxittestek mélypontjai („karsztkutak”) 5 — bauxittal fedett feltételezett dolomitgerincek; ●, ○ — produktív ill. improduktív fúrás
b) bauxit-kitermelés (fejtés a +331 és a +339-es szint között)
c) a bauxittest feltárt határa a 331-es szinten;
1 — dolomitfekü a felszínen; 2 — bauxitvastagság 0–5 m; 3 — bauxitvastagság >5 m;
●, ○ — produktív ill. improduktív fúrás

Fig. 9. Map of the in-mine geophysical survey, Iharkút

- a) interpretation of geophysical survey on level + 339, January, 1981.
1 — limits of bauxite body according to boreholes; 2 — near-surface dolomite from geophysical survey; 3 — limits of bauxite body; 4 — deepest parts of basement (karst wells); 5 — supposed dolomite cliffs covered by bauxite; ● — productive boreholes; ○ — unproductive boreholes
b) bauxite mining (stripping between levels + 331 and + 339 m)
c) opened up limits of bauxite body on level + 331 m
1 — dolomite basement outcrop; 2 — thickness of bauxite 0–5 m; 3 — thickness of bauxite >5 m; ● — productive boreholes; ○ — unproductive boreholes

Рис. 9. Карта результатов шахтных геофизических работ в бокситовой шахте Ихаркут

- a) интерпретация шахтных геофизических работ на уровне 339 Ихаркут, линза V, январь 1981 г.
1 — контур бокситового тела по данным бурения, 2 — доломит, залегающий вблизи поверхности, по геофизическим данным, 3 — распространение боксита, 4 — глубинные точки бокситовых тел („карстовые колодцы“), 5 — предполагаемые доломитовые хребты, перекрытые бокситом
●, ○ — продуктивное и непродуктивное бурение соответственно
b) разработка боксита (добыча между уровнями +331 и +339)
c) вскрытый контур бокситового тела на уровне 331
1 — доломитовая подошва на дневной поверхности, 2 — мощность боксита от 0 до 5 м, 3 — мощность боксита >5 м, ●, ○ — продуктивная и непродуктивная скважина соответственно

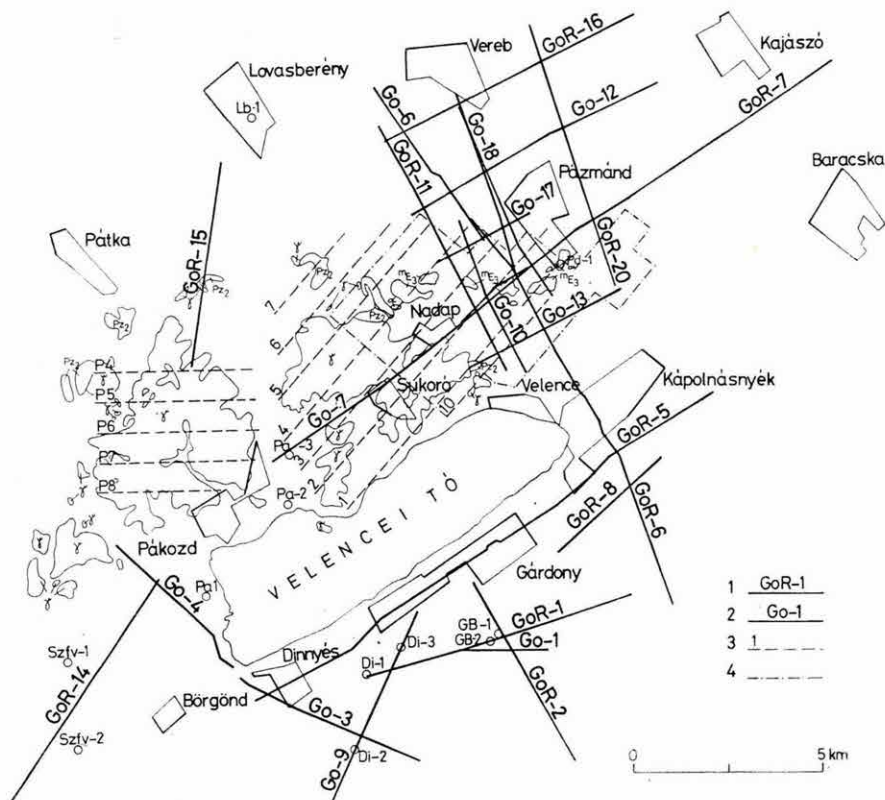
Az ELGI a Központi Földtani Hivatal megbízásából 1980-ban is folytatta a Velencei-hegység és környéke ércföldtani kutatását megalapozó komplex geofizikai vizsgálatát (10. ábra). Az 1980. évi geofizikai előkutatás során komplex geoelektromos (ellenállás), refrakciós, reflexiós és gerjesztett potenciál méréseket végeztünk. Folytattuk a korábbi években végzett gravitációs és mágneses mérések számítógépes feldolgozását. Az előkutatást regionális és érc-kutatási szakaszra bontva, párhuzamosan végeztük.

A *regionális kutatás* keretében a Velencei-hegység és tágabb környezete mélyszerkezeti viszonyait vizsgáltuk. Az erre vonatkozó előzetes információt a terület egészére az előkutatási fázisnak megfelelően elvégzett gravitációs és mágneses mérések eredményei adják. E mérések eredményei azonban a terület egyes részein egymással és a jelenleg rendelkezésre álló földtani-geofizikai adatokkal nem korrelálnak. A gravitációs Bouguer-anomália térkép lefelé folytatásai és alulvágó szűrési, valamint a ΔZ térképre alkalmazott alulvágó szűrések térképei közül azonban már kiválaszthatók olyan térképváltozatok, amelyekben jellegzetesek az anomália alakzatok, sőt a gravitációs és földmágneses térképek között is felismerhetők újszerű összefüggések.

A felismerhető összefüggések:

- a földmágneses ΔZ_m maradék-anomália térkép (11. ábra) É-i részén, Vereb térségében, határozott ÉK—DNy csapásban elnyúlt keskeny anomáliásávok vannak, amelyek a gravitációs térképben is felismerhető szerkezeti vonallal lehetnek kapcsolatban;
- a Nadaptól É-ra és K-re levő földmágneses maradék-anomáliák egyrészt felszínközeli hatóktól, másrészt mélybeli hatóktól származnak. A bemutatott terület többi részén a hatók helyzete általában mélyebb, kivéve talán a Dinnyéstől D-re levő mágneses minimumgyűrűvel körülvelt, valószínűleg igen sekély ható által okozott ΔZ_m maximumot;
- a földmágneses anomáliák kialakításában — a velencei-hegységi andezit telérek kivételével — a hegység tágabb környezetében a jelenlegi mágneses

* Madarasi A., Majkuth T., Pintér A., Verő L.



10. ábra. A Velencei-hegységben és környékén végzett geofizikai mérések helyszínrajza

1 — refrakciós vonal; 2 — reflexiós vonal; 3 — áttekintő GP mérések vonalai; 4 — részletező GP mérések területe; α — andezit; m_{e_3} — metasomatit; γ — gránit; Pz_2 — pala

Fig. 10. Location map of geophysical survey in and around Velence hills

1 — refraction seismic profile; 2 — reflection seismic profile; 3 — profiles of regional IP survey; 4 — area of detailed IP survey; α — andesite; m_{e_3} — metasomatite; γ — granite; Pz_2 — slate

Рис. 10. План геофизических работ, проведенных в районе гор Веленце и в прилегающих районах

1 — сейсмический профиль КМПБ; 2 — сейсмический профиль МОВ; 3 — профили региональной съемки методом ВП; 4 — площадь детальной съемки методом ВП; α — андезиты; m_{e_3} — метасоматиты; γ — граниты; Pz_2 — сланцы

térrel nagyjából egyező (az indukált és a remanens mágnesezettség vektoriális eredőjeként előálló pozitív) irányú mágnesezettség dominál. Ennek a gravitációs anomáliákkal való összehasonlításnál van jelentősége. A földmágneses anomáliák hatói ugyanis az anomáliáktól É, ÉK, illetve ÉNy irányban vannak — a hatók mélységétől, csapásától és a mágnesezettség irányától függően;

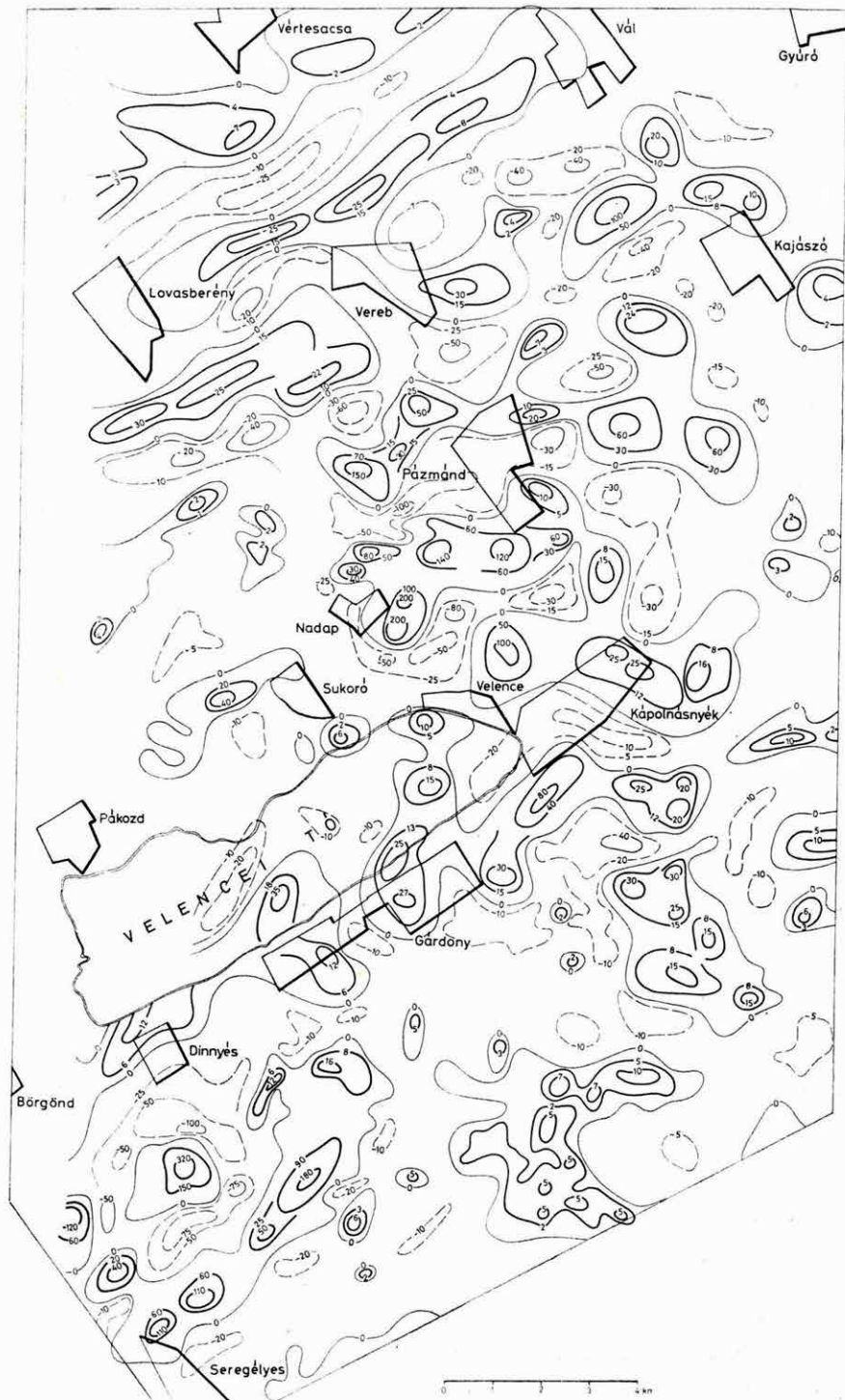
- az analitikusan lefeléfolytatott gravitációs anomália térképen (12. ábra) Pázmánd környékén egy kb. 6 km átmérőjű, kerek anomália ismerhető fel, közepe táján kissé aszimmetrikusan elhelyezkedő minimummal. A maximum gyűrű D-i peremét a Zsidó-hegy, Cseplek-hegy — Cseke-hegy, Csúcsos-hegy, Nyír-hegy felszínén levő, erősen bontott metasomatit vonulat alkotja. Az egész anomáliakép egy eltemetett, ÉNy irányban kissé megdőlt vulkáni alakzatra enged következtetni;
- Kápolnásnyéktől D—DNy-ra újabb, nagyjából köralakú maximum látható. Ennek közepén levő maximumot egy minimumgyűrű, majd egy maximumgyűrű veszi körül. A körkörös anomáliaalak K-i oldalát a Bouguer-anomália térképből ismert hatalmas ÉD irányú vető torzítja;
- a Gárdony—Dinnyés környékén levő kisebb gravitációs maximumok e térképben nem mutatnak jellegzetes elrendeződést, de jellegük eltérő a seregélyesi keskeny mezozoos aljzatkiemelkedés okozta anomáliától;
- a Velencei-hegység területén jellegzetesek a gránitot övező, kis foltokban a felszínen is előforduló, paleozoos képződmények mélybeli folytatását jelző maximumok;
- az analitikusan lefeléfolytatott és sávszűrővel szűrt gravitációs maradékanomália térkép (13. ábra) főbb vonásaiban egyezik az előbbi térképpel, de ezen határozottabb a Dinnyéstől K-re, DK-re levő anomáliák elrendeződése.

A gravitációs és földmágneses anomáliák kapcsolata nem teljesen egyértelmű, ezért az összefüggések vizsgálatánál azon egyszerűsítő feltételezésből indultunk ki, hogy a földmágneses hatást okozó nagyobb szuszceptibilitású kőzetek a környezetüknél nagyobb vagy kisebb sűrűségűek, s ezért lokális gravitációs anomáliát (maximumot vagy minimumot) okoznak.

Tételezzük fel először, hogy a nagy szuszceptibilitású kőzetek valamivel kisebb sűrűségűek környezetüknél. Ennek megfelelően eltoltuk a mágneses anomáliákat nagyjából É-i irányban úgy, hogy a mágneses maradékanomáliák lehetőleg gravitációs minimumokra essenek. Az analitikusan lefeléfolytatott gravitációs térképen (12. ábra) ezt a lehetőséget tüntettük fel. Érdekes módon egy-egy terület egységei belül az eltolás iránya és mértéke (az ábrán vonalkával jelölve) meglehetősen egységes. A pázmándi maximumgyűrű D-i felszíni részén eltolódás nincs, az egészen felszínközeli földmágneses hatók természetesen nem tolhatók el, és a jelenlegi elégtelen fölmértség miatt nem választhatók el a mélybeli hatóktól, amelyek esetleg északabbra tolva, már az északbalti minimumra esnének.

E térképben igen jellegzetes a Kápolnásnyéktől D-re levő gravitációs maximum, amely nem okoz mágneses hatást, a maximumot környező minimumgyűrű viszont e térkép szerint kapcsolatban van mágneses anomáliákkal.

A Gárdony—Seregélyes gravitációs maximumvonulat K-i peremén törésvonallal kapcsolatos kisebb mágneses anomáliák találhatók, s elképzelhető,



hogy a törésrendszer Ny-i peremét is hasonló módon kísérik az ÉK-i irányban rendeződött, jóval nagyobb szélsőértékű földmágneses anomáliák.

Ha a földmágneses anomáliákat gondolatban nagyobb sűrűségű kőzetekhez kapcsoljuk, akkor a földmágneses maximumoknak gravitációs maximumokkal kell egybeesniük. Ezt a lehetőséget ábrázoltuk a gravitációs maradék-anomália térképen (13. ábra). Az egyezés itt általában jobb, mint az előző változatban, bár az eltolás mértéke nagyobb.

A pázmándi gravitációs maximumgyűrű mágneses maximumgyűrűvel kapcsolatos, ugyanígy egyeztethető a kápolnásnyéki gravitációs és mágneses maximumgyűrű. Figyelemreméltó azonban az, hogy a kápolnásnyéki központi gravitációs maximumra itt sem esik földmágneses anomália.

A gárdony—seregélyesi törésvonal K-i pereméhez a fentiekhez hasonlóan ugyanúgy kapcsolódnak kisebb földmágneses anomáliák, míg a Dinnyéstől K-re levő gravitációs minimumot e térképben földmágneses és gravitációs maximumgyűrű övezi. A Dinnyéstől D-re levő igen nagy (a 11. ábra szerint 320 gamma) szélsőértékű földmágneses anomália azonban mindenképpen gravitációs minimumterületre esik, s a maximumot övező földmágneses minimumgyűrű arra utal, hogy e ható viszonylag lapos (lencseszerű).

A gravitációs és földmágneses anomáliák lehetséges kapcsolatát bemutató térképek mindegyikénél feltűnő, hogy a ΔZ_m maximumokat jóval nagyobb mértékben kellett eltolni, mint azt az indukált mágnesezettség és az 1000—1500 m-nél általában nem nagyobb hatómélység indokolná. Ez vagy nagyobb hatómélységre, vagy az indukált mágnesezettség irányát erősen befolyásoló remanens mágnesezettségre utal.

E térképekben rejlő bizonytalanságok az előkutatási fázisban természetesek. A térképek azonban gondolatébresztők, s felhívják a figyelmet a kutatás szempontjából érdekesebb területek részletes földmérésének szükségességére.

A kelet-velencei területen, a Nadap—Pázmánd vonalában vulkáni centrumterületként valószínűsíthető gravitációs és mágneses maximumterület lehatárol-

← 11. ábra. Földmágneses ΔZ_m maradék-anomália térkép

A maradék-anomáliákat a zérus vonallal, valamint a maximumok és minimumok értékét és félértékét jelző izovonalakkal ábrázoltuk. Az izovonalak számértéke nT (gamma). Mérési mintavétel kb. 350 m, a szűrés mintavétele 250 m

Fig. 11. Geomagnetic ΔZ_m residual anomaly map

Residual anomalies are marked by the zero line and the half value of maxima and minima. Numerical values mean nT (gamma). Sampling interval at survey: 350 m; at filtering: 250 m

Рис. 11. Карта остаточных аномалий геомагнитного поля ΔZ_m . Остаточные аномалии изображены нулевой линией, а также изолиниями величин и полувеличин максимумов и минимумов. Численная величина изолиний — nT (гамма). Шаг измерений — ок. 350 м, шаг фильтрации — 250 м.

lására, belső felépítésének vizsgálatára szeizmikus reflexiós méréseket végeztünk (10. ábra). A mérések eredményeit két jellemző szelvényen mutatjuk be (14. és 15. ábra). Az ÉÉNy—DDK irányú Go—10 reflexiós vonal a metasomatit vonulatot harántolja és D-en keresztezi a NyDNy—KÉK irányú Go—13 reflexiós vonalat, amely a gránitterületet szegélyező palaköpenyről indul és a feltételezett centrumterület D-i részén halad át. A szelvényeket migráció után szűrt (20—40 Hz), energia szerint kiírt, színes, földtanilag értelmezett, torzítatlan mélységszelvény formájában adjuk meg. A reflexiók frekvenciája és energiája, valamint korrelálhatósága lehetővé teszi, hogy a mélyszerkezetre — még földtanilag kevésbé ismert területen is — következtetéseket vonhassunk le és különböző egységeket különítsünk el. A felszínen is megévő K—Ny irányú metasomatit vonulatot közel merőlegesen harántoló Go—10 mélységszelvény közepén, a metasomatit vonulat tengelyvonalának közelében, két feltörési zóna is látszik. Egyértelműen kijelölhető az 56—59⁰⁰ pontok közötti feltörési zóna, amely a felboltozódás tetőrésszén van. A felboltozódás a vulkáni felépítményt is megemelte és összetörölte. A metasomatit vonulattól É-ra rendkívül zavart kép alakul ki és az első jól követhető reflexiók nagy mélységben helyezkednek el. Ez a kép nagy vastagságú vulkáni összletre utal. A metasomatit vonulattól D-re jó energiájú és jól korrelálható reflexiók vannak. Ez a tény egyrészt a (Pl jelű) neogén üledékek D-i irányban történő kivastagodásával, másrészt a vulkáni összleten belül a rétegvulkáni összlet uralkodóvá válásával és a harmadidőszaki medence aljzatában az (S jelű) rétegzett, palás jellegű képződmények megjelenésével magyarázható. A metasomatit vonulattól D-re, azzal közel párhuzamosan haladó Go—13 mélységszelvény alapján a vulkáni centrumterület K—Ny-i irányban lehatárolható. A gránit-pala kontaktusról induló szelvény elején, a Go—10 szelvény ugyanezen szakaszának megfelelően rendkívül jó energiájú reflexiók jelentkeznek, amelyek jellegüket tekintve mindenképpen a centrumterület Ny-i szélét jelzik. A centrumterületre már kevésbé jó energiájú és korrelálható reflexiók a jellemzők. A centrumterület Ny-i részén egy feltörési zóna, közepén beszakadási zóna, K-i részén feltehetően egy mélyben rekedt szubvulkáni test ismerhető fel. A mélységszelvény végső szakaszán, a centrumterületről kijutva, a vastag neogén és az üledékes eocén képződmények megjelenésével a nagy energiájú, jól korrelálható reflexiók uralkodóvá válnak.

A közvetlen ércutatás keretében folytattuk az 1979-ben elkezdett, részletező hálózatos GP méréseket a Velencei-hegység keleti részén. A középgradiens elrendezés 1600 m-es tápvonala mintegy 400 m-es lehatolási mélységet biztosított. A látszólagos fajlagos ellenállás és a látszólagos gerjeszthetőség értékeit 100×50 m-es hálózatban, DIAPIR—E műszerekkel mértük. A mérési eredmények feldolgozását, a mért paraméterek szelvénymenti kiegyenlítését és szűrését a bórzsönyi tapasztalatok felhasználásával, az ott is alkalmazott módszerekkel végeztük.

0 1 2 3 4 5 km



12. ábra. Analitikusan lefelé folytatott gravitációs anomáliák. Mérési mintavétel kb. 300 m, a szűrés mintavétele 250 m

1 — metasomatit; 2 — gránit; 3 — pala; 4 — ΔZ_m maradék-anomália maximumok feltételezett vonatkozási helyei, ha a mágneses hatók általában gravitációs minimumhoz kapcsolódnak. A ΔZ_m maximumok vonatkozási helyeit a maximumok eredeti helyével vonalkák kötik össze

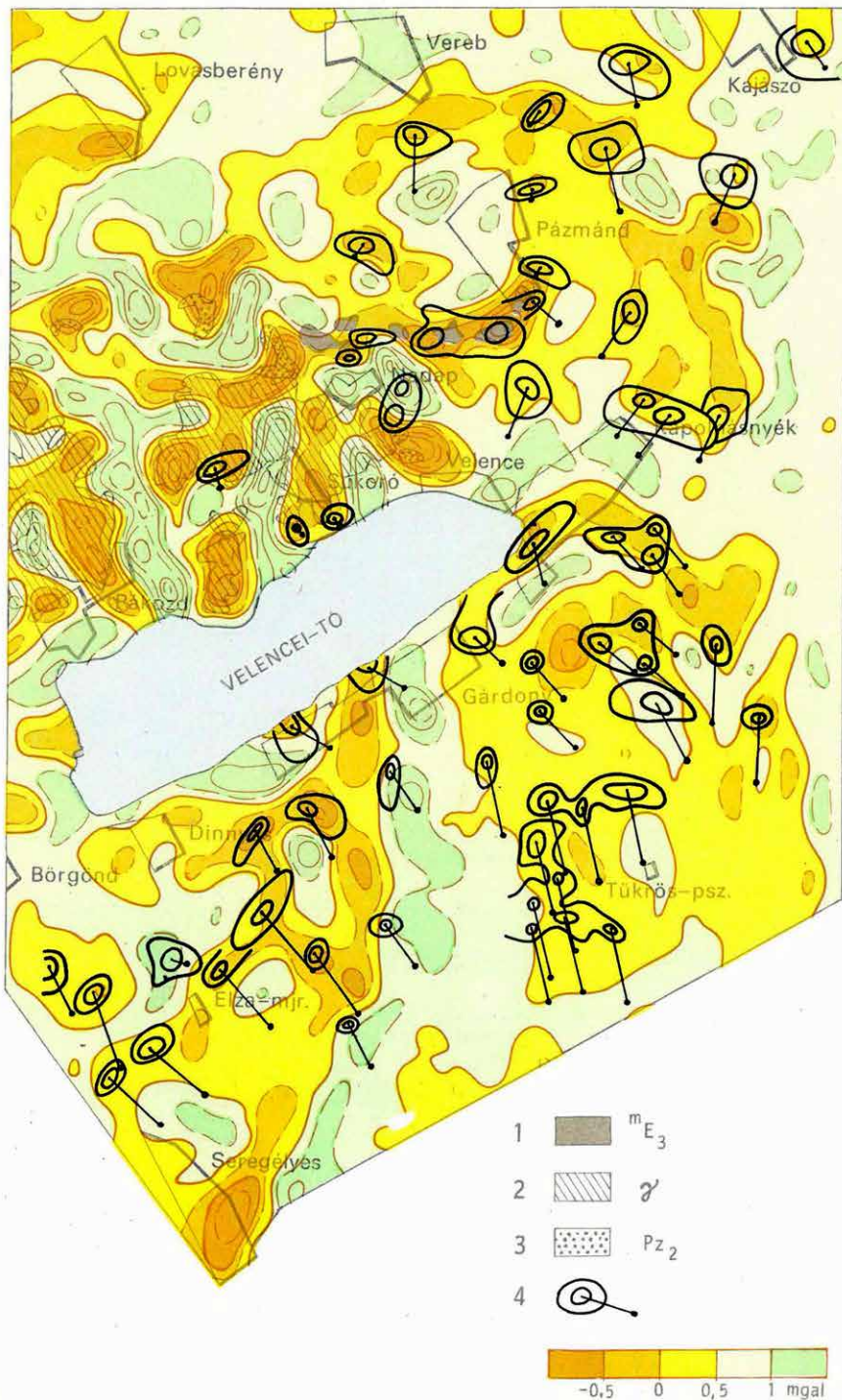
Fig. 12. Gravity anomalies of analytical downward continuation. Sampling interval at survey: 300 m; at filtering 250 m

1 — metasomatite; 2 — granite; 3 — slate; 4 — reference points of ΔZ_m residual maxima if magnetic bodies are connected to gravity minima. Shifted and original location of ΔZ_m maxima are connected by straight lines

Рис. 12. Аномалии силы тяжести в аналитическом продолжении вниз. Шаг квантования при измерении составляет ок. 300 м, при фильтрации — 250 м

1 — метасоматит, 2 — гранит, 3 — сланец, 4 — предполагаемые корреляционные места максимумов остаточных аномалий ΔZ_m , если магнитные тела приурочиваются в основном к гравиметрическому минимуму. Корреляционные места максимумов ΔZ_m связаны линиями к первоначальному месту максимумов

0 1 2 3 4 5 km



13. ábra. Az analitikusan lefelé folytatott és sávszűrővel szűrt gravitációs maradék-anomáliák. Mérési mintavétel kb. 300 m, a szűrések mintavétele 250 m

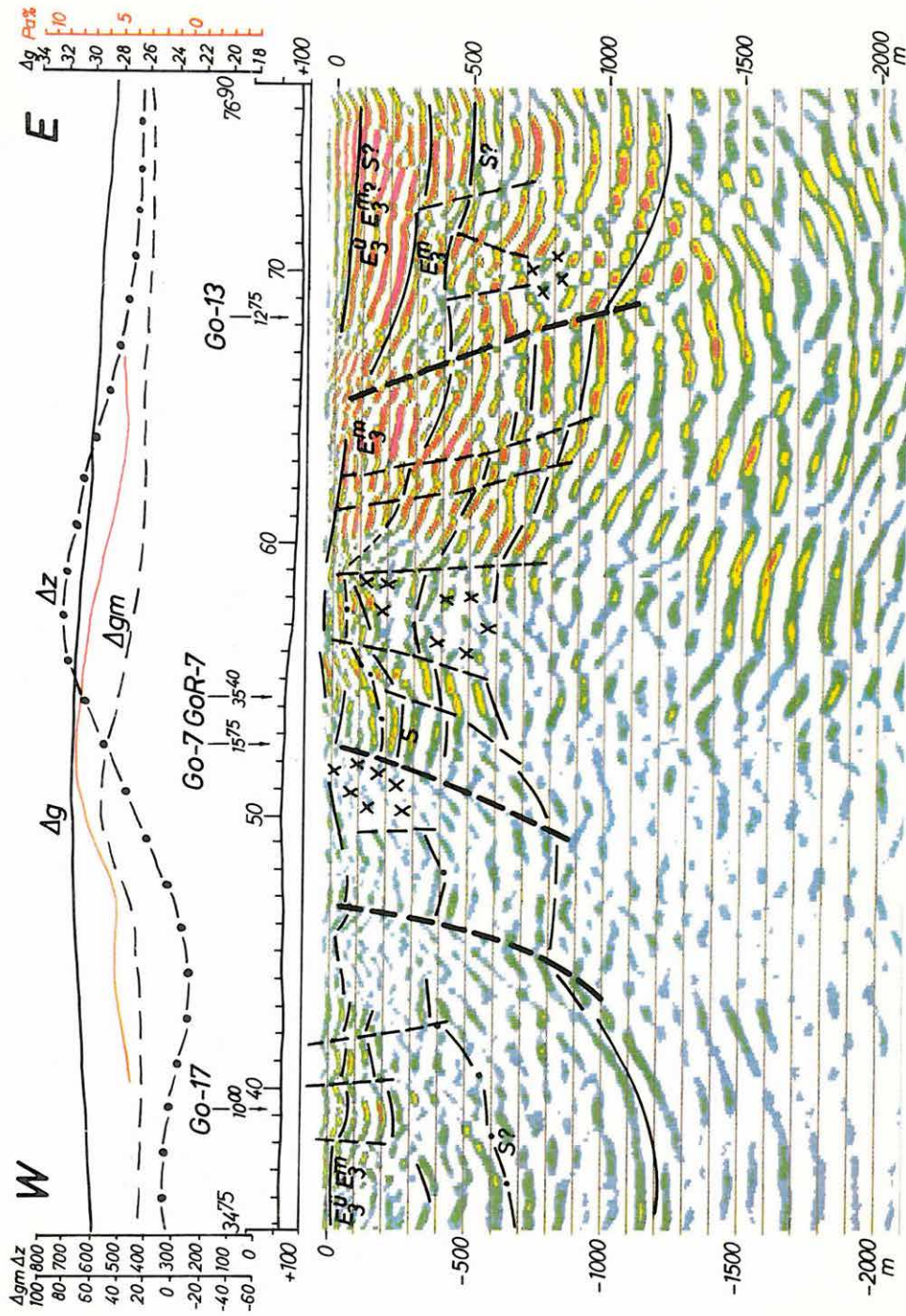
1 — metasomatit; 2 — gránit; 3 — pala; 4 — A ΔZ_m maradékanomália maximumok feltételezett vonatkozási helyei, ha a mágneses hatók általában gravitációs maximumhoz kapcsolódnak. A ΔZ_m maximumok vonatkozási helyeit a maximumok eredeti helyével vonalkák kötik össze

Fig. 13. Gravity anomalies of analytical downward continuation after band pass filtering. Sampling interval at survey: 300 m; at filtering: 250 m

1 — metasomatite; 2 — granite; 3 — slate; 4 — reference points of ΔZ_m residual maxima, if magnetic bodies are connected to gravity maxima. Shifted and original location of ΔZ_m maxima are connected by straight lines

Рис. 13. Остаточные аномалии силы тяжести, продолженные аналитически вниз и отфильтрованные полосовым фильтром. Шаг квантования при измерении составляет ок. 300 м, при фильтрации — 250 м

1 — метасоматит, 2 — гранит, 3 — сланец, 4 — предполагаемые корреляционные места максимумов остаточных аномалий если магнитные тела приурочиваются в основном к гравиметрическому минимуму. Корреляционные места максимумов Z_m связаны линиями к первоначальному месту максимумов



14. ábra. Go—10 migrált szeizmikus reflexiós mélységsvény, amplitúdó-nagyság szerinti színezéssel

E_3^u — felső eocén üledékes összlet tufa és tufit betelepülésekkel; E_3^m — felső eocén metasomatit (andezit eredetű, utóvulkáni elbontású kőzetek); S — szilur—devon metamorf pala-összlet, mészkő, dolomit, diabáz és porfiroid betelepülésekkel

Fig. 14. Go—10 migrated reflection depth section, coloured according to reflection amplitudes

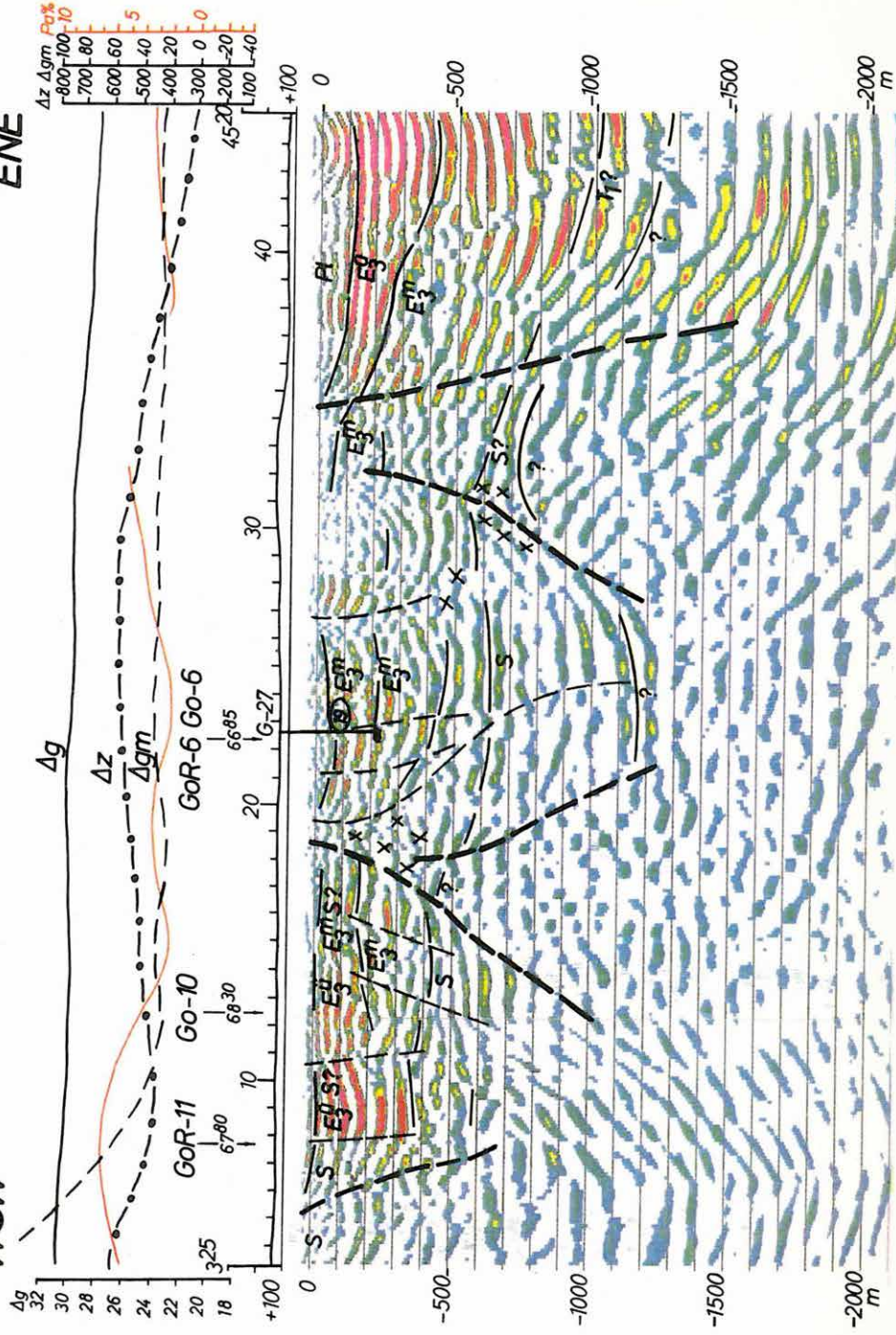
E_3^u — upper Eocene sedimentary complex with tuff and tuffite interbedding; E_3^m — upper Eocene metasomatite (andesite after post-volcanic alteration); S — Silurian—Devonian metamorphic slate, with limestone, dolomite, diabase and porphyrite interbedding

Рис. 14. Мигрированный сейсмический глубинный разрез по МОВ Go-10 с окраской по величине амплитуд

E_3^u — верхнеэоценовая осадочная толща с прослойками туфы и туфита, E_3^m — верхнеэоценовый метасоматит (породы андезитового происхождения, подвергнутые послевулканическому разложению), S — метаморфическая сланцевая толща силурского и девонского возраста с прослойками известняка, доломита диабаза и порфироида

WSW

ENE



15. ábra. Go—13 migrált szeizmikus reflexiók mélységsvélvény, amplitúdó-nagyság szerinti színezéssel

Pl — pliocén homok, agyag; E_3^u — felső eocén üledékes öszlet tufa és tufit betelepülésekkel; E_3^m — felső eocén metasomatit (andezit eredetű, utóvulkáni elbontású kőzetek); T_1 — alsó triász mészkő, dolomit, homokkő, aleurit; S — szilur—devon metamorf palaöszlet; mészkő, diabáz és porfiroid betelepülésekkel

Fig. 15. Go—13 migrated reflection depth section, coloured according to reflection amplitudes

Pl — Pliocene sand, shale; E_3^u — upper Eocene sedimentary complex with tuff and tuffite interbedding; E_3^m — upper Eocene metasomatite (andesite after post-volcanic alteration); T_1 — lower Triassic limestone, dolomite, sandstone, siltstone; S — Silurian—Devonian metamorphic slate, with limestone, dolomite, diabase and porphyrite interbedding

Рис. 15. Мигрированный сейсмический глубинный разрез по МОВ Go-13 с окраской по величине амплитуд

Pl — плиоценовый песок, глина, E_3^u — венхнезоценовая осадочная толща с прослойками тупа и тупита, E_3^m — верхнезоценовый метасоматит (породы андезитового происхождения, подвергнутые послевулканическому разложению), T_1 — известняк, доломит, песчаник, алевроит нижнего триаса, S — метаморфическая сланцевая толща силурского и девонского возраста с прослойками известняка, диабаз и порфироида

A látszólagos gerjeszthetőség (P_a) anomália-térképén (16. ábra) két szerkezeti irány dominál:

- a paleozoos képződmények (a palaösszlet és a gránit) kibúvásainak határát jelölő ÉK—DNy csapású vonal, és
- a metasomatit kibúvásait összekötő K—Ny csapású vonal (a vázlatos földtani térképet lásd az 1979. Évi Jelentés 10. ábráján).

A GP-anomáliák hatója tehát bizonyosan nemcsak egyetlen közettípus, így csoportosításuk történhet aszerint, hogy milyen földtani képződmények felett alakultak ki.

- a) A palaösszlet felett kialakult GP-anomáliák közül a legjelentősebb az Antónia-hegy térségében levő két hosszan elnyúlt maximum. Az anomáliákon végzett kis behatolási mélységű kombinált GP-szelvényezés eredményei szerint a gránitot fedő, mintegy 100 m vastag palaösszlet egészében jól gerjeszthető. A maximumokra telepített GP-szondázások azt mutatták, hogy a gránit hasonlóképpen jól gerjeszthető, míg a két maximumot elválasztó minimumban mért szondázási görbe a gránitra csökkent gerjeszthetőséget adott.

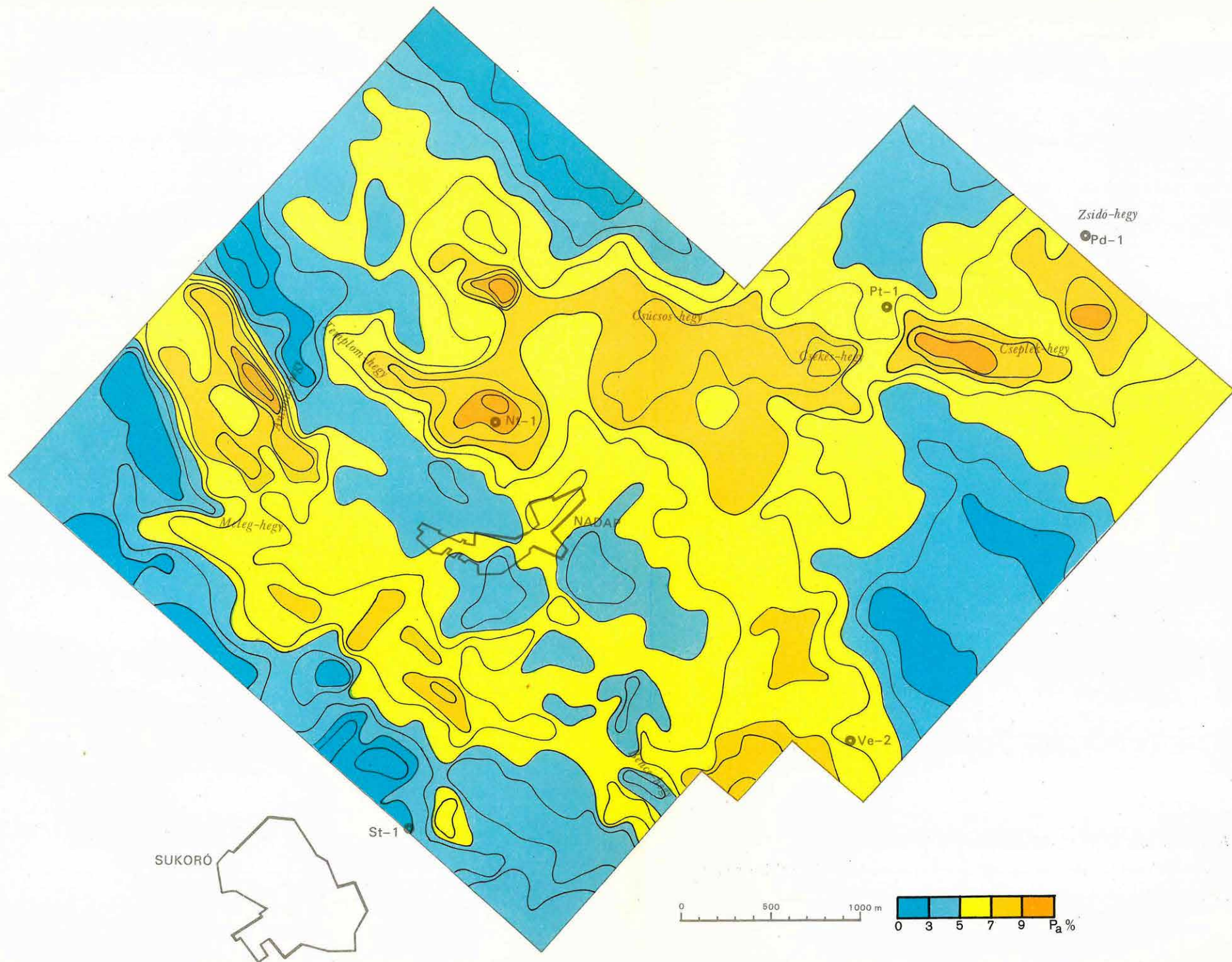
Kibúvásban található a palaösszlet a Bence-hegy környékén is. A GP maximum azonban nem korlátozódik a kibúvás-területre, a pala elterjedése jól követhető a mintegy 100 m vastagságú fiatal üledékes takaró alatt is.

Ide sorolható a Templom-hegy déli oldalán kialakult maximum is, bár itt a felszínen metasomatitot térképeztek. Az Nt—1 jelű fúrás ugyanis szinte végig erősen piritesedett palaösszletben haladt és az ellenállás-adatok szerint is csak kis vastagságban várhatók metasomatit képződmények.

- b) A gránit-kibúvások területén több, kisebb anomália található. Ezek közül csak a Meleg-hegy gerincén levő keskeny, K—Ny csapású maximum hatója ismert: az itt húzódó kvarctelér.
- c) A metasomatitok kibúvásai a Templom-hegytől a Zsidó-hegyig terjednek. A kaolinkutató és térképező fúrások tanúsága szerint a metasomatitok általában erősen piritesedtek. A GP-anomáliák kialakításában ezen szulfidosodás mellett a fedőüledék vastagsága játszik még szerepet, természetesen a laza, nem gerjeszthető üledékek kivastagodása jelentősen csökkenti az anomáliák nagyságát. A metasomatit-vonulattól északra a látszólagos gerjeszthetőség értéke gyorsan csökken, jelezve a felszínközeli metasomatit előfordulások határát. A Csúcsos-hegy és a Csekés-hegy déli előterében a helyzet bonyolultabb. Tudjuk, hogy a metasomatit vastagsága dél felé csökken (a Ve—2 fúrásban csak 70 m körüli), a GP-anomáliák feltehetően már a palaösszlet felemelkedését jelzik (100—150 m-ben).

- Az anomáliák felderítésére szolgáló területi mérések mellett megkezdjük az anomáliák minősítését is (a mérési és értelmezési módszerre vonatkozólag lásd a 2.2 fejezet „Anomália-minősítő GP mérések a Börzsöny hegységben” című részt). Az eddigi eredmények arra utalnak, hogy a három anomáliacsoport a lecsengési görbék alakja szempontjából hasonló. Mind a gránit-, mind a pala-, de a metasomatit-területen is csökkenő tendenciájú amplitúdó-idő-állandó diagramokat kaptunk, amelyek — analógiák alapján — hintett, hajszál-eres textúrának felelnek meg. Ezeket a vizsgálatokat tovább kell folytatnunk, mert

- az eddigi mérésekben a rossz jel/zaj viszony miatt (a nagy átmeneti ellenállás miatt a jel kisebb volt, mint pl. a Börzsönyben, a zajszint viszont az egész kutatási területen magasabb) csak 250 s-nál rövidebb lecsengési görbéket sikerült feldolgozni;
- nem végeztünk valamennyi, a területre jellemző közettípuson laboratóriumi mérést.



16. ábra. A kelet-velencei terület GP-anomália térképe

Fig. 16. Induced polarization anomaly map of eastern part of the Velence hills

Рис. 16. Карта аномалий ВП восточной части района Веленце

1980-ban megkezdjük a Nyugat- és Középső-Mátra geofizikai előkutatását a gyöngyösoroszi mélysínt és az Asztalgő—Mátraszentimre közötti terület kutatásával. Korábban csak a teléres ércesedést kutatták, az esetleg gazdaságosabb bányászatot lehetővé tevő hintett szulfidos ércesedést nem vizsgálták. Más vulkáni területek analógiájára a nagy területen észlelt színesércindikációk és a kőzetek erőteljes hidrotermális bontottsága alapján feltételezhető, hogy a Mátrában is léteznek GP módszerrel kutatható felszínközeli hintett szulfidásványos területek és szerkezetkutatással felderíthetők ugyanilyen tartalmú nagyobb szubvulkáni testek. Az OÉÁ bányabeli eredményei alapján elsőként a gyöngyösoroszi mélysínt és a refrakcióval kimutatott aljzatkiemelkedéses terület szerkezeti felépítését és környezetéhez viszonyított helyzetét vizsgáltuk gravitációs hálózatkiegészítő és reflexiós szeizmikus mérésekkel (17. ábra).

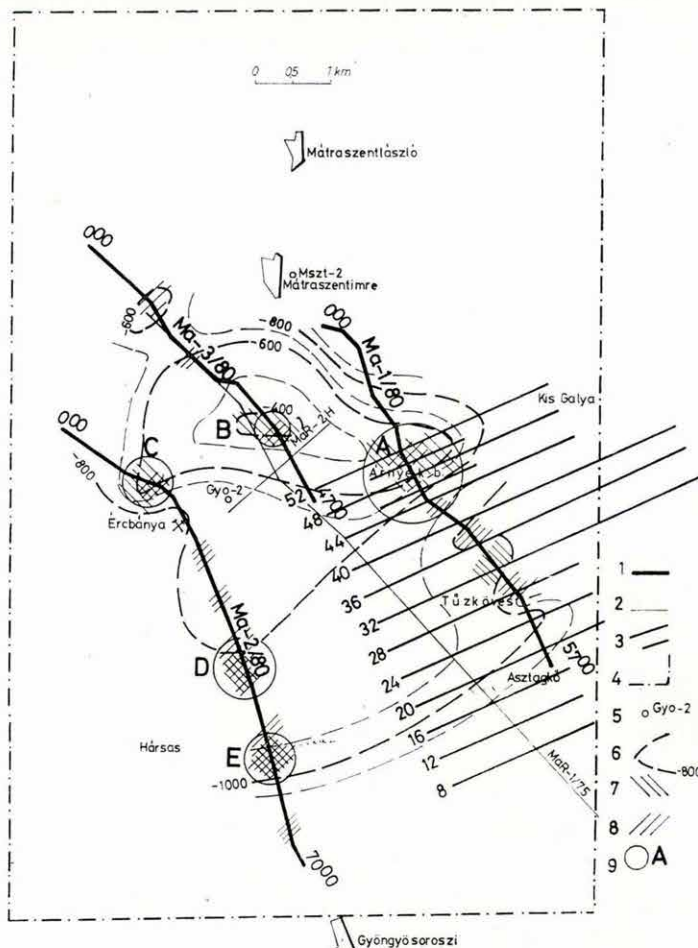
Mátraszentlászló és Gyöngyösoroszi között mintegy 93 km²-es területen végeztünk hálózatkiegészítő gravitációs méréseket az északi szegélyt leszámítva 16 pont/km² állomássűrűséggel, ami megfelelő korrekciók és másodlagos feldolgozás után lehetővé teszi a felszínközeli sűrűséginhomogeneitások, nagyobb terjedelmű vulkányszerkezeti elemek (centrum, szubvulkáni test), törészónák, sasbércek kimutatását.

Az egész hegység területére kiterjedő gravitációs felmérés és szűrés (kb. 3. év) mellett vibroszeiz reflexiós mérésekkel derítjük fel a bányakörzet és a MÁFI-val együtt kiszemelt egyéb belső területek szerkezeti felépítését.

Az 1980-ban mért három vibroszeiz vonal amplitúdó szerint színezett mélységshelvényét a 18, 19, 20. ábrán mutatjuk be, összesített adataikat vázlatos eredménytérképen ábrázoltuk (17. ábra).

A szeizmikus reflexiós shelvényekből arra következtetünk, hogy a Mátra gerinc D-i lejtője alatt, Árnyékbérc és az Ércbánya É-i peremterülete között, egy aljzatkiemelkedés vonulat húzódik. Ennek — a shelvények között feltételezett — tengelyvonala mentén a reflexiós szerkezeti képből vulkáni feltörésekre és az aljzat környezetében megrekedt szubvulkáni testekre következtetünk.

* Havas L., György L., Madarasi A., Schönviszky L., Szalay I.



17. ábra. A Mátra-hegységi szeizmikus mérések vázlatos eredménytérképe

1 — reflexiós vonal; 2 — refrakciós vonal; 3 — GP szelvényvonal; 4 — gravitációs hálózat-kiegészítés területe; 5 — mélyfúrás; 6 — aljzattmélység (m)tsza; 7 — feltételezett szubvulkáni test az aljzatban; 8 — feltételezett szubvulkáni test a fedőben; 9 — szelvénnel harántolt vulkányszerkezeti egység (szelvényre merőleges kiterjedése ismeretlen; a jelölés szimbolikus)

Fig. 17. Results of seismic survey in the Mátra Mountains

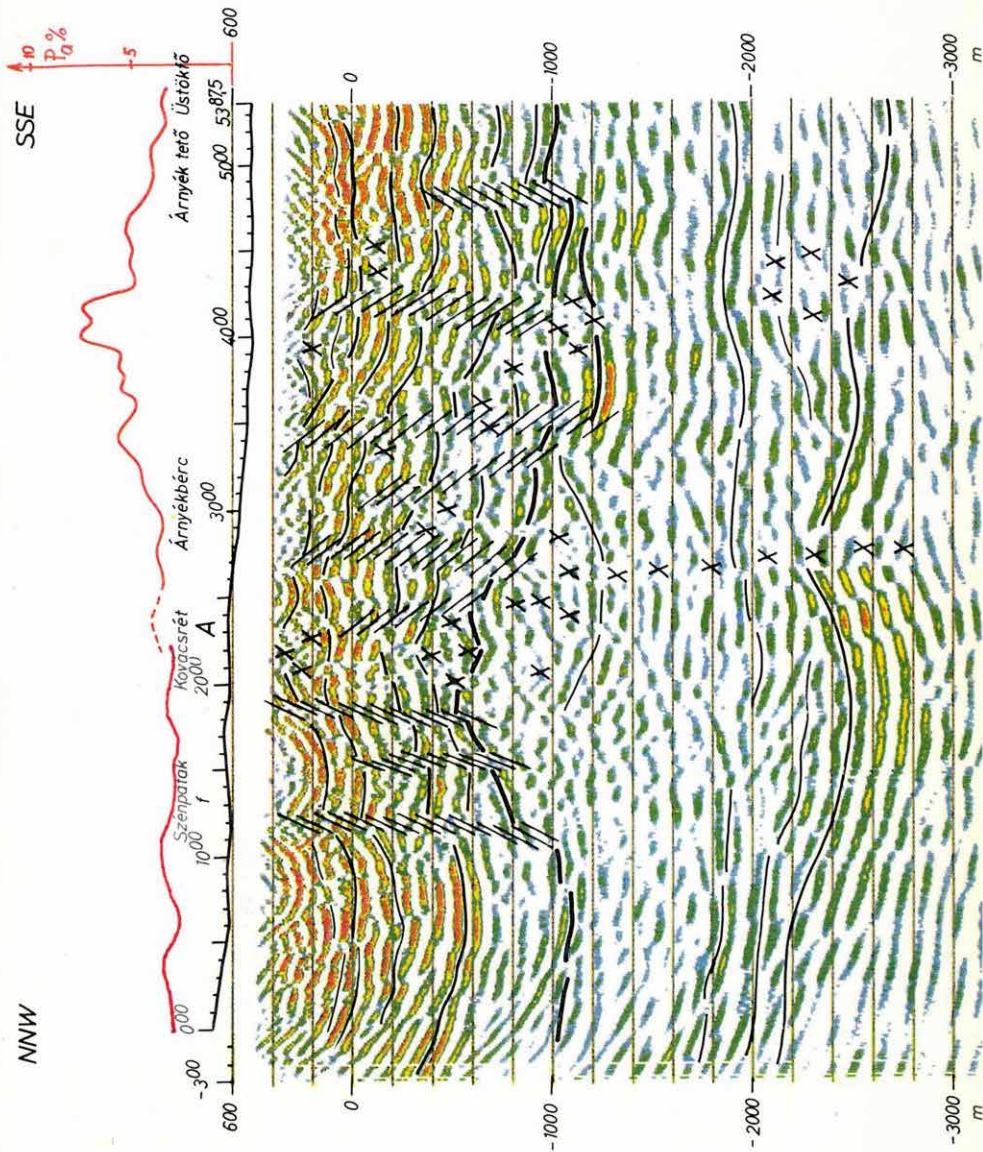
1 — reflection seismic profile; 2 — refraction seismic profile; 3 — IP profile; 4 — area of gravity mapping; 5 — borehole; 6 — depth contour of basement (m b.s.l.); 7 — supposed subvolcanic body in the basement; 8 — supposed subvolcanic body in the cover; 9 — volcano-structural unit, crossed by seismic profile (dimensions unknown)

Рис. 17. Схематическое представление результатов сейморазведочных работ в районе горы Матра

1 — профили МОВ; 2 — профили КМПВ; 3 — профили ВП; 4 — площадь гравиметрических наблюдений по сгущению сети; 5 — глубокие скважины; 6 — глубина залегания фундамента (в м от уровня моря); 7 — предполагаемое субвулканическое тело в фундаменте; 8 — предполагаемое субвулканическое тело в покровной толще; 9 — вулканическая структура, пересеченная профилем (ее протяженность перпендикулярно профилю неизвестна; обозначена условно).

NNW

SSE



18. ábra. Ma—1/80 migrált, amplitúdó szerint színezett reflexiós mélységsvény. Szűrés: 20—40 Hz

x — feltételezett szubvulkáni test; piros vonal — GP-anomália görbe

Fig. 18. Ma—1/80 migrated reflection depth section, coloured according to reflection amplitudes. Filter: 20—40 Hz

x — supposed subvolcanic body; red line — IP anomaly

Рис. 18. Мигрированный сейсмический глубинный разрез по МОВ Ма—1/80 с окраской по величине амплитуд. Фильтрация: 20—40 Гц

x — предполагаемое субвулканическое тело, красная линия — кривая аномалии ВП.

NNW

SSE

C

D

E

Ércelővészítő

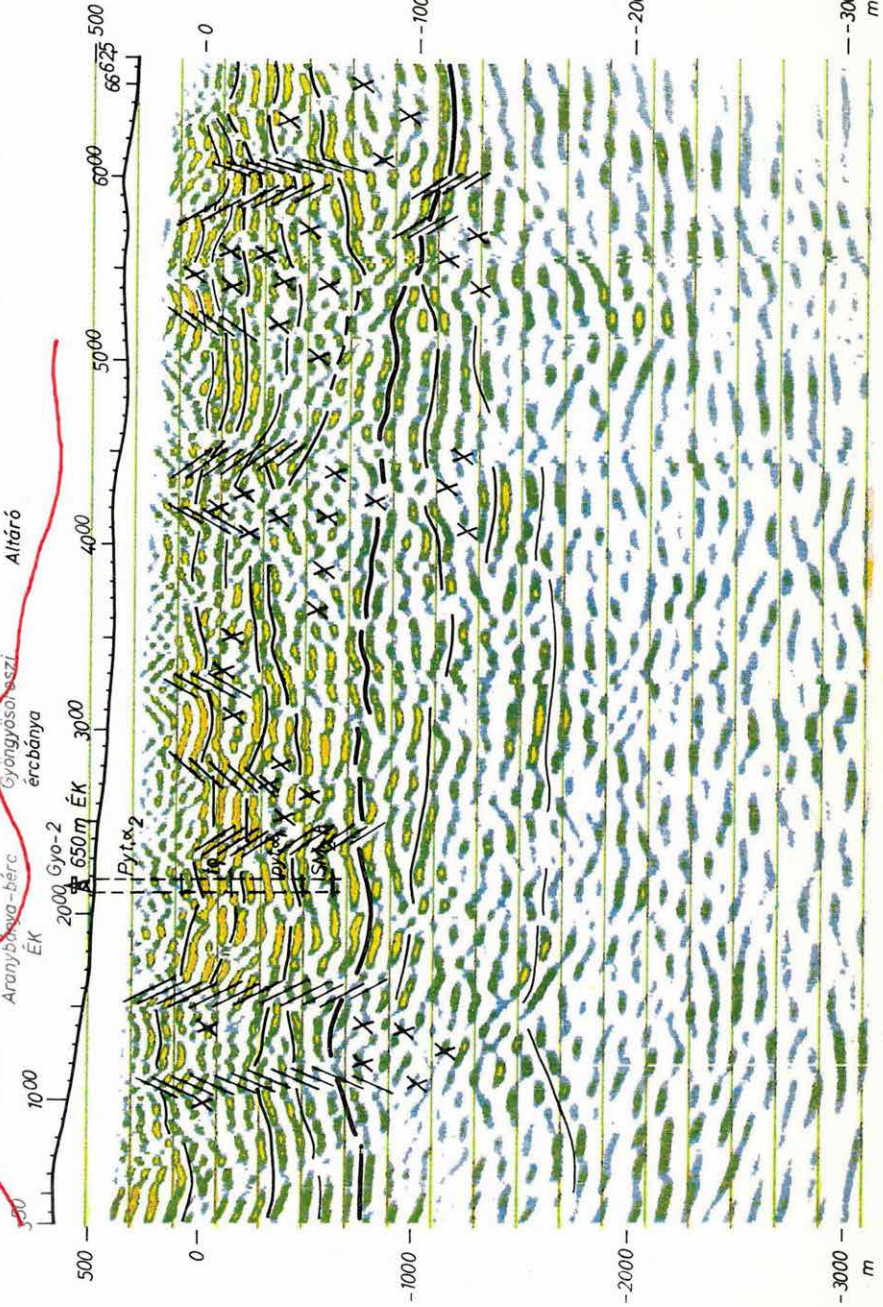
Vízjáróló

Gyöngyösi ércbánya

Altáró

Aranybánya-bérc

Nagyföldes-bérc



19. ábra. Ma—2/80 migrált, amplitúdó szerint színezett reflexiós mélységsvény. Szűrés: 20—40 Hz

x — feltételezett szubvulkáni test

Fig. 19. Ma—2/80 migrated reflection depth section, coloured according to reflection amplitudes. Filter: 20—40 Hz

x — supposed subvolcanic body

Рис. 19. Мигрированный сейсмический глубинный разрез по МОВ Ма—2/80 с окраской по величине амплитуд. Фильтрация: 20—40 Гц

x — предполагаемое субвулканическое тело

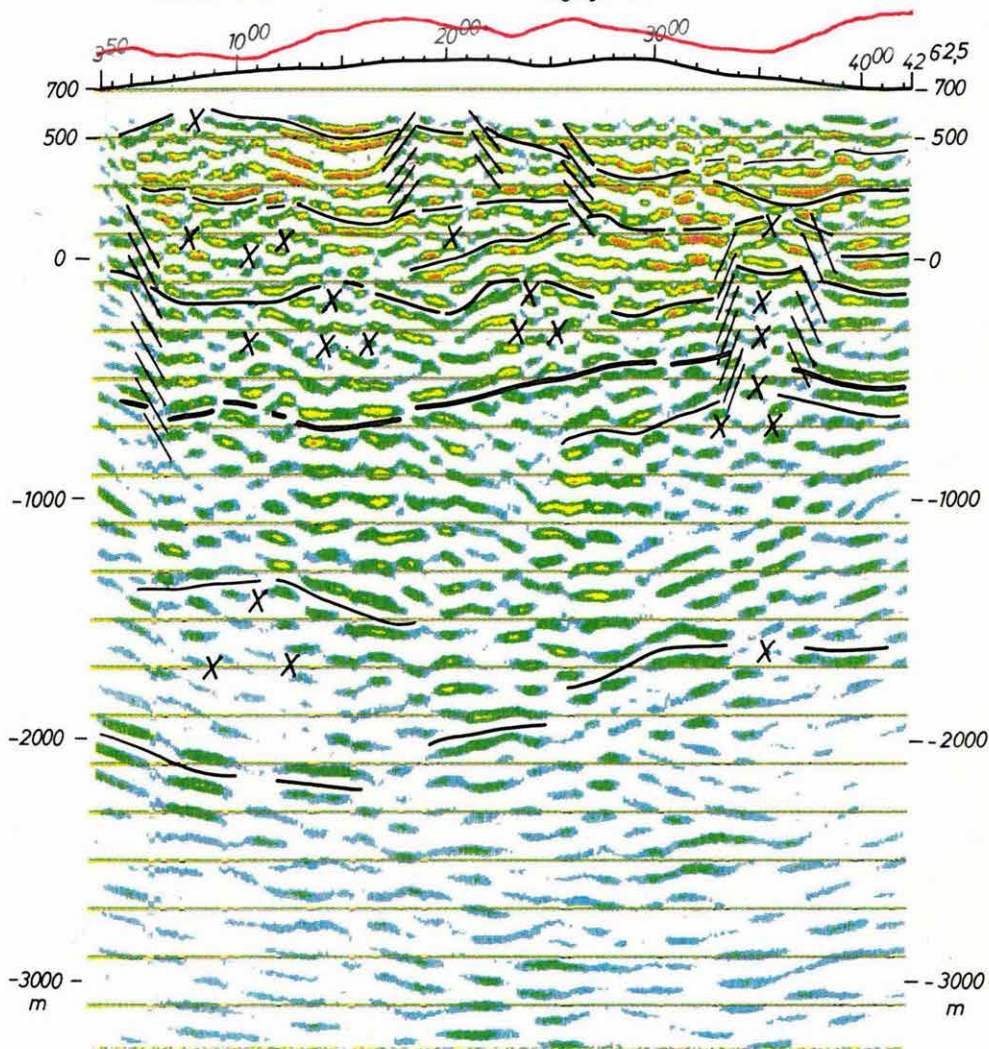
NNW

SSE

Gubola-ház

Bagolyirtás

B



20. ábra. Ma—3/80 migrált, amplitúdó szerint színezett reflexiós mélységsvény. Szűrés: 20—40 Hz

x — feltételezett szubvulkáni test

Fig. 20. Ma—3/80 migrated reflection depth section, coloured according to reflection amplitudes. Filter: 20—40 Hz

x — supposed subvolcanic body

Рис. 20. Мигрированный сейсмический глубинный разрез по МОВ Ма—3/80 с окраской по величине амплитуд. Фильтрация: 20—40 Гц

x — предполагаемое субвулканическое тело

A három szelvényen látható szerkezeti kép az aljzatkiemelkedésen kívül egyéb vonásaiban lényegesen különbözik.

A Ma—1 mélységszelvény Árnýkébrc környékén egy nagyméretű, majdnem szimmetrikus vulkányszerkezeti egységet metszett, feltételezhetően centrumközelben („A” objektum; 17., 18. ábra). A szelvény két oldalán viszonylag nyugodt településű, rétegzett képződmények helyezkednek el. A másik két szelvény között levő Gyo—2 mélyfúrás adatai alapján úgy véljük, hogy a rétegvulkáni alakulatban levő gyakori, nagy sebességkontraszt okozza a szelvény két szélén a nagy amplitúdójú (piros, sárga színű) reflexiókat. Alatta a tengerszint alatt kb. 500 m-től a kisebb amplitúdójú reflexiókkal (zöld, kék) jelentkező zóna egyveretűbb üledékes összletet jelöl a prekainozoos aljzatig (kb. 100 m a tengerszint alatt). A szelvény középső részén levő, törésekkel tagolt felboltozódást amplitúdócsökkenés és olyan zavart felépítés jellemzi, ahol a reflexióhiányos foltokat diszkordáns helyzetű, felül domború, alul homorú reflexiók határolják. E jelenséget szubvulkáni benyomulásként értelmezzük. A tengerszint alatt több mint 2000 m-ben jelentkező reflexiók mélysztint a korábbi refrakciós mérésekből is ismert, jellegzetes határfelület. Középen áttörési zóna valószínűsíthető.

A Ma—1 mélységszelvényen észlelt felboltozódás („A” objektum) egybeesik a legnagyobb GP-anomália területével is, (bár a szelvényen a legnagyobb GP értékek a DDK-i peremi törések fölött jelentkeznek) ezért a MÁFI-val egyetértésben ide ércföldtani kutatást és egy szerkezetkutató mélyfúrást javasolunk.

Legkiemeltebb medencealjzatra a Ma—3 mélységszelvény DDK-i vége felé következtethetünk (20. ábra, „B” objektum). Úgy tűnik, hogy itt egy fedőképződményekkel takart, korábbi ciklushoz tartozó, kisebb vulkáni objektumot harántoltunk. A fedővulkanitok, az aljzattal ellentétesen, a Mátra gerince és külső lejtője felé kiemeltek.

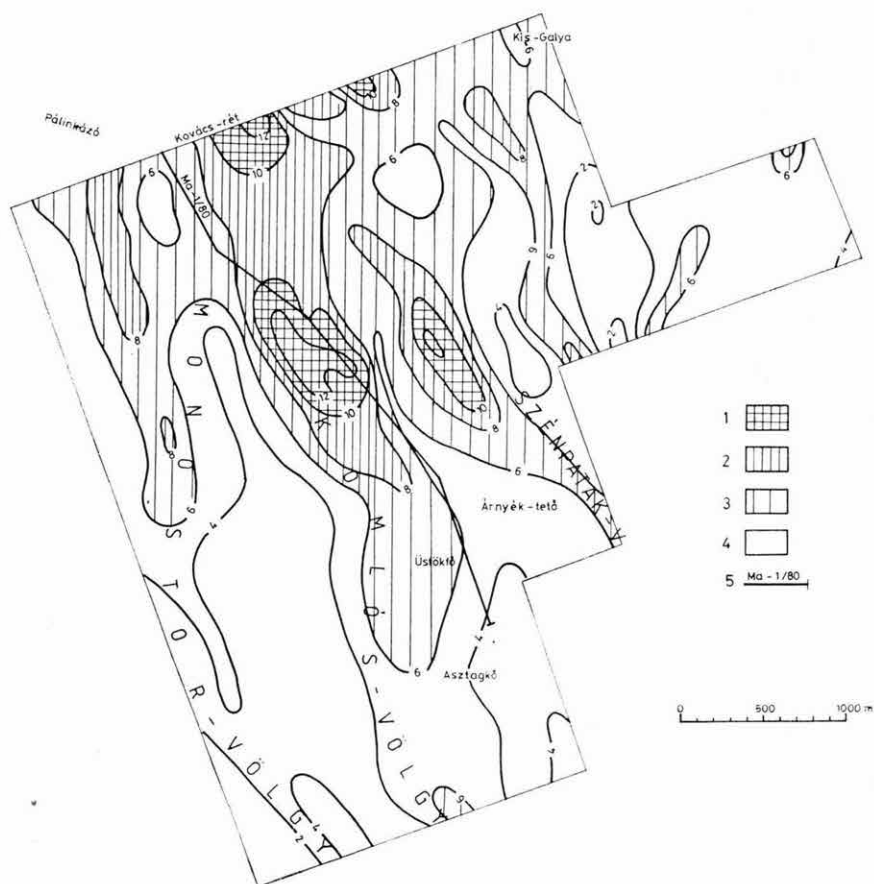
A gyöngyösoroszi völgyben mért Ma—2 szelvény több egységből összetett, változatos szerkezeti képet jelez (19. ábra). A Mátra gerincének D-i lejtőjén, az ércbányától É-ra az aljzat és a fedő is kiemelt helyzetű, feltehetően intrúzió emelte meg („C” objektum). A Gyöngyösoroszi Ércbánya egy vetőkkel szabdaltsúllyedékben (beszakadásos kaldera) helyezkedik el; a 24⁰⁰—28⁰⁰ vonalpontok között tengerszint alatti mélységben kisebb intrúzió látható.

A legnagyobb vulkányszerkezeti egység az Altárótól D-re található („D” objektum). A reflexiók tömeges kimaradása, a fedőben fellépő reflexiók boltozódási tendenciája stb. alapján feltételezzük, hogy itt nagymennyiségű magmás anyag nyomult az aljzat fölé. A víztároló és a vöröskői telér közelében levő „E” objektumot alaphegységi törés felett kialakult, a szélek felé elágazó szubvulkáni benyomulásnak tartjuk.

A szerkezetkutatás eddigi adatai szerint tehát az A—B—C területet összekötő vonal az aljzatkiemelkedések vonala, de a fő feltörések az A és D területen

vannak. Ma még nem tudjuk, hogy az „A” terület valóban centrumterület-e, vagy pedig csak egy nyugatabbra levő összetett centrumterület K-i, elkeskenyedő része. A további mérések feladata a nyitva maradt kérdések tisztázása.

Asztagkőtől É-ra megkezdjük a felszínközeli, hintett szulfidos ércesedés áttekintő kutatását GP szelvényezéssel. A felmérés a metallometriával párhuzamos vonalak mentén 400×50 m-es hálózatban történt, amely az anomália területeken



21. ábra. A Mátra hegység középső részének áttekintő GP-anomália térképe
1 — P_a 10% felett; 2 — P_a 8 és 10% között; 3 — P_a 6 és 8% között; 4 — P_a 6% alatt; 5 — reflexiós vonal

Fig. 21. Regional IP anomaly map of central part of the Mátra Mountains
1 — P_a above 10%; 2 — P_a between 8 and 10%; 3 — P_a between 6 and 8%; 4 — P_a below 6%; 5 — reflection profile

Рис. 21. Обзорная карта аномалий ВП в центральной части горы Матра
1 — P_a выше 10%; 2 — P_a от 8 до 10%; 3 — P_a от 6 до 8%; 4 — P_a ниже 6%; 5 — профиль МОВ

sűrítendő. A vázlatos GP-anomália térképről (21. ábra) megállapíthatjuk, hogy a már említett Árnék-bérc környéki felboltozódáson nagy területre kiterjedő, É-felé lehatárolatlan anomális gerjeszthetőség mutatkozik, amit a vulkáni összlet nagy tömegét érintő hintett szulfidásványosodás hatásának tartunk. A GP-anomáliák a vonalakra merőleges, a völgyek és gerincek irányával közel párhuzamos vonulatokat alkotnak. A legnagyobb anomália-vonulat Asztalgőtől É-ra, Üstökfő—Árnék oldal—Kovácsrét környékén húzódik. A P_a görbe meredekségéből ítélve az É-felé lehatárolatlan kovácsréti anomália hatója Ny-i dőlésű, az Árnék oldali maximum felszínközeli hatás eredménye.

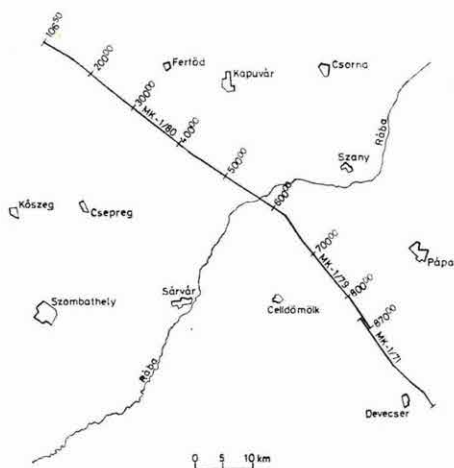
Különleges az Árnéktető Ny-i oldalán levő anomália, mert itt kis fajlagos ellenállás mellett anomális gerjeszthetőség jelentkezik. Az alacsony ellenállás a vulkáni összlet erős bontottságát jelzi, a P_a maximum pedig a szulfidásványok nagyobb koncentrációjára utal.

Az anomális terület rossz feltártsága és a kőzetek bontottsága miatt az anomáliák földtani ellenőrzése nehéz. Az ellenállás és GP hatók litofácieshez, vagy szerkezeti irányokhoz való kötődését ezideig nem tudjuk bizonyítani. Egyedül az Üvöltő-oldalban levő P_a maximum környékén határoltunk le olyan kőzetelváltozást (kloritosodás-piritesedés), amely a GP-anomáliával közvetlen kapcsolatba hozható.

Metallometriai anomáliákkal és kiemelt, intrúziós szerkezettel való egybeesésük alapján az 1980-ban kimutatott GP-anomáliák ércföldtani ellenőrzését javasoljuk.

1.4 FÖLDTANI ALAPSZELVÉNYEK GEOFIZIKAI VIZSGÁLATA*

1980-ban a földtani alapszelvények geofizikai vizsgálata keretében magneto-tellurikus és szeizmikus reflexiós méréseket terveztünk. Feladatunk a harmad-időszaki medence paleozoos-mezozoos vagy annál idősebb aljzata belső szerkezetének, főbb szerkezeti vonalainak vizsgálata volt. A méréseket a Kisalföldön és a Bakony-hegység É-i előterében végeztük (22. ábra). A Rába kavics-teraszán egy rövidebb szakaszon a fúrási nehézségek miatt a szeizmikus méréseket csak 1981. tavaszán fejeztük be. A feldolgozás a kézirat lezárásakor még nem fejeződött be, így jelenlegi eredményeink csak előzetes adatoknak tekinthetők.



22. ábra. Az 1980. évi kisalföldi földtani alapszelvény helyszínrajza

Fig. 22. Location map of reflection profile MK-1/80 on the Little Hungarian Plain

Рис. 22. План опорного геологического профиля 1980 г. в районе Малой низменности

1.4.1 Magnetotellurikus mérések

Az MK—1 vonalon 27 ponton végeztünk MTS méréseket DEF—1 műszerrel. A Rábától DK-re az egyidejűleg végzett nagymélységű frekvenciaszondázások, valamint egy ismeretlen eredetű, feltehetőleg ipari tevékenységből szár-

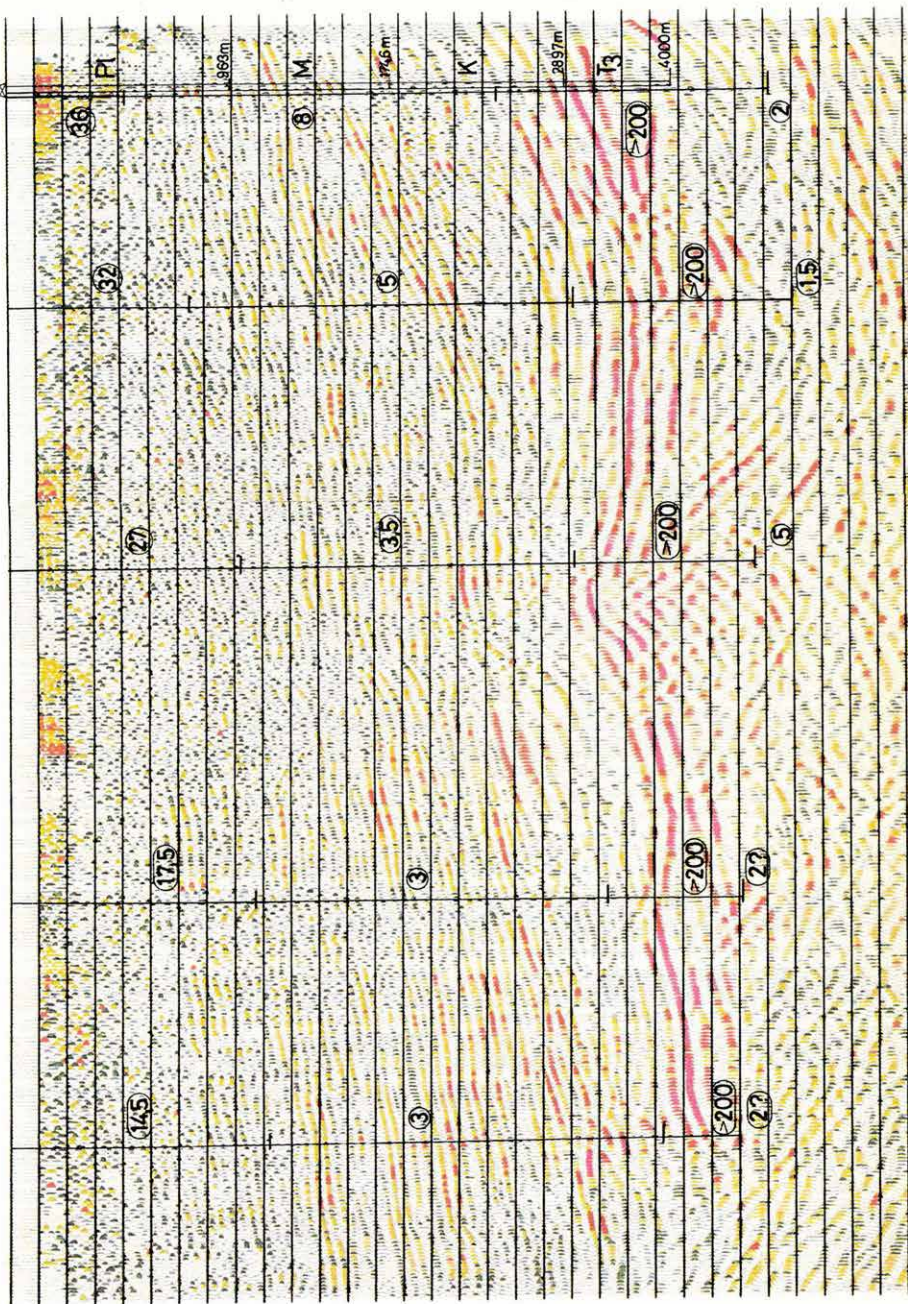
* Ráner G., Tátrai M., Varga G.

Dabrony-1

MT 15

MT 14

MT 13



23. ábra. МК—1/79 migrált időszelvény, az MTS mérések eredményeinek feltüntetésével

Fig. 23. МК—1/79 migrated reflection time section with results of magnetotelluric soundings

Рис. 23. Мигрированный временной разрез МК—1/79 с указанием результатов измерений МТЗ

mazó, erős elektromos zavar okozott sok nehézséget. A tervezett tellurikus méréseket így nem tudtuk elvégezni.

A magnetotellurikus mérések szempontjából a szelvény földtanilag legérdekesebb része a Dabrony—1 fúrás környezete. Az itt végzett mérések eredményeit az MK—1/79 időszelvény migrációs változatán mutatjuk be (23. ábra). A szelvényen a triász-kréta képződmények alatt — az MTA GGKI, a GKV és az NME korábbi MT-méréseivel összhangban — jólvezető képződmények találhatók. (A jólvezető képződmények felszínének mélységét az E polarizációs görbékéből számítottuk.) A képződmény mélysége a Dabrony—1 fúrásponton 5000 m körül várható, fajlagos ellenállása ~ 2 ohmm. A jólvezető összlet vastagsága a $T_{\max} = 100$ s periódusidőig mért szondázási görbékéből pontosan nem adható meg, azonban 2,0—3,0 km-nél nagyobb vastagság nem várható.

A jólvezető összlet és a felette levő nagyellenállású (> 200 ohmm) képződmények a 13. ponttól ÉNy-ra kiékelődnek. Az aljzat ellenállása az MK—1/80 szelvény ÉNy-i részén egy-két pont kivételével 35—80 ohmm között változik, mélysége lényegében megegyezik a szeizmikus szelvényen kimutatott idősebb képződmények felszínével.

A jólvezető összlet mélysége a Dabrony—1 fúrástól DK-i irányban lényegesen nem változik, közel vízszintes a DK-i irányban monoton emelkedő triász-kréta képződmények alatt (MK—1/71. szelvény, 1971. Évi Jelentés).

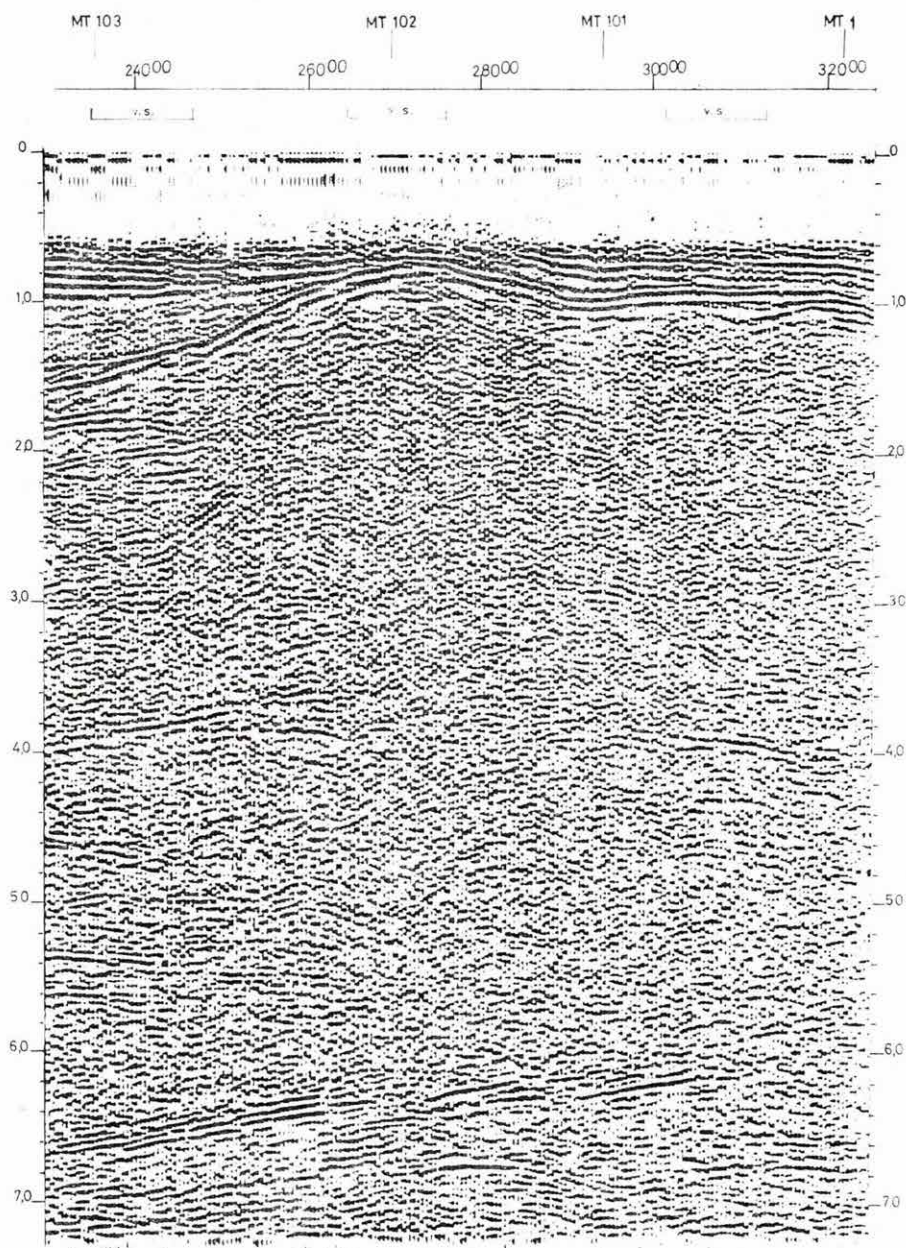
1.4.2 Szeizmikus mérések

A mérések tervezésénél abból indultunk ki, hogy a neogén üledékes összletet az eddigi mérések már jól feltárták, valamint a nagy figyelmet keltő Rába-vonal a medencealjzatban jelentkezik. A mérések elsődleges feladata tehát a medencealjzat és a Mohorovičić diszkontinuitás közötti összlet kutatása. Ennek megfelelően 12-szeres fedéssel, 100 m-es geofonközzel dolgoztunk. A legnagyobb robbantópont-geofon távolság 3000 m volt. A kéregkutató mérések eredményeit figyelembevéve a felvételeket 25 s-ig készítettük, a felső köpenyből érkező jelek rögzítésére.

A felvételek minősége változó, ami a rossz fúrhatósággal függ össze. Azokon a helyeken, ahol a tervezett lyukmélységet biztosítani nem tudtuk, lyukcsoportokat alkalmaztunk változó sikerrel.

A szelvény feldolgozásának első eredményeit két szelvényrészlettel szemléltetjük. A 24. ábrán a Csapodtól ÉNy-ra levő maximum látható. Alatta 6,0—6,6 s között DK felé emelkedő, jó energiájú szint hívja fel magára a figyelmet. A szelvényszakasz további feldolgozásánál figyelembe kell venni a medencealjzatnak az összegzési sebességre gyakorolt torzító hatását.

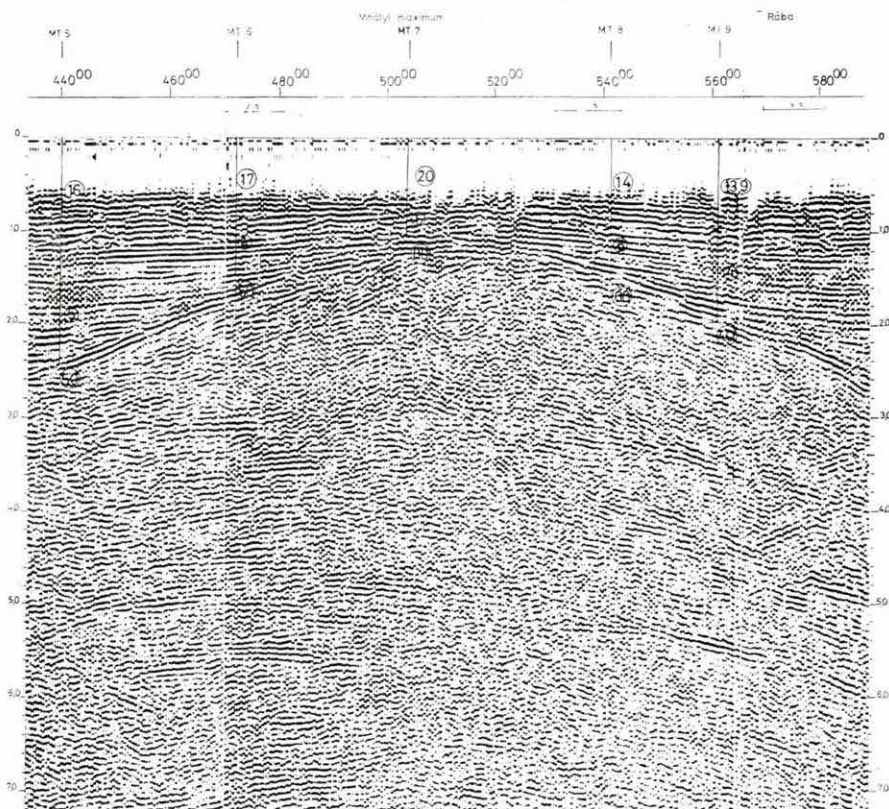
A 25. ábrán a mihályi maximum ÉNy-i szárnya látható, 3,0 s alatt a mihályi maximum területére jellemző jó energiájú beérkezésekkel, amelyek a Rába-vonal környezetében szűnnek meg.



24. ábra. MK-1/80 időszelvény részlet

Fig. 24. Part of reflection time section MK-1/80

Рис. 24. Отрезок временного разреза МК-1/80

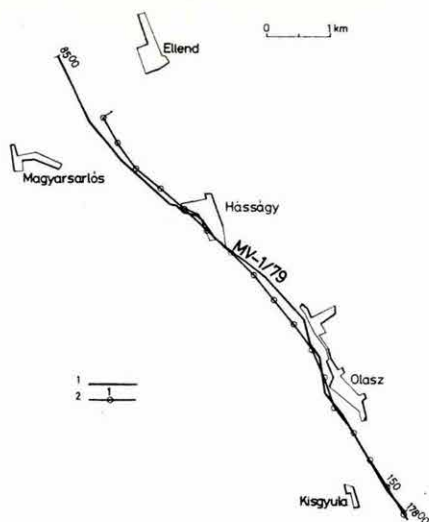


25. ábra. MK-1/80 időszelvény részlet

Fig. 25. Part of reflection time section MK-1/80

Рис. 25. Отрезок временного разреза МК-1/80

A Mecsek és Villányi-hegység között mért MV—1 szelvény 97⁰⁰—178⁰⁰ szakaszát 1979-ben nem egyenes vonal mentén mértük (26. ábra), amit a feldolgozásnál akkor nem tudtunk figyelembe venni. 1980-ban a feldolgozást a brnoi Geofyzika Geomax számítógépén végeztettük el, eredményét a 27. ábrán mutatjuk be. (Az ELGI R—35 számítógépén jelenleg folyik a megfelelő programrendszer kialakítása.) Összehasonlítva a régebbi feldolgozással (1979. Évi Jelentés 22. ábra) jól látható a javulás, elsősorban a felső üledékes rétegsorban.



26. ábra. Az MV-1/79 vonal helyszínrajza

Fig. 26. Location of reflection profile MV-1/79

Рис. 26. План профиля MV-1/79

27. ábra. MV—1/79 időszelvény „slalom-line” feldolgozással

Fig. 27. MV—1/79 reflection time section with slalom line processing

Рис. 27. Временной разрез MV—1/79, полученный в результате обработки „слалом лайн”

1.5.1 A GP módszer alkalmazása a Maros hordalékkúp vízföldtani kutatásában*

A Maros hordalékkúpján folyó regionális vízkutatás keretében harmadik éve végzünk kísérleti jellegű felszíni és fúrólukbeli GP méréseket. E módszer homokos-agyagos (negyedkori) tározók kutatásában való alkalmazására kedvező külföldi mérési tapasztalatok vezettek. Irodalmi adatok és laboratóriumi mérések szerint a tiszta agyag, a kavics és a tiszta homok polarizálhatósága igen alacsony, a homok és agyag különböző arányú keverékei viszont jól polarizálhatók (Vacquier, Sumi, Roy, Elliott). Kevert (homokos-agyagos) képződményekben a GP kialakulásában az elektrokinetikus jelenségek dominálnak, ezekre a pórusvíz ionkoncentrációja jelentős hatással van. Szovjet kutatók (Sztjepanov, Lipszkaja, Rjapolova) laboratóriumi mérések alapján diagrammot szerkesztettek különböző ionkoncentrációjú vízzel telített üledékes kőzetek szemcsenagysága (d), filtrációs koeficiense (K_ϕ) és polarizálhatósága (η) közötti összefüggésre (28. ábra). Ebből látható, hogy bizonyos szemcseméret-tartományban (0,01—0,1 mm) a polarizálhatóság maximális értékű, innen mind a finomabb, mind a durvább szemcseméret felé a látszólagos polarizálhatóság (η_l) értéke csökken. A nagyon jó (homok, kavics), illetve a nagyon rossz (agyag) vízvezető kőzetek tehát polarizálhatóságuk alapján alig különböznek, viszont látszólagos fajlagos ellenállásuk (ρ_l) alapján határozottan különválaszthatók. Megfelelő műszerezettséggel a két geoelektromos paraméter (ρ_l és η_l) együttes meghatározása révén olyan új ismereteket szerezhetünk, amelyek a szeszélyesen rétegzett, lencsés településű negyedkori víztárolók kutatásában rendkívül fontosak.

A felszíni GP méréseket a VES mérésekkel egy ütemben — szondázások, ritkább esetben ellenállás-szelvényezések változataként — végeztük DIAPIR típusú műszerekkel, átlagosan $AB_{\max}=800$ m-ig. Az első évben a DIAPIR—4005 műszerrel mértünk, amely a lecsengési görbéből logaritmikus idősor szerint 5 mintát vesz. Ez lehetőséget teremt a dinamikus paraméterek, vagyis a

* Draskovits P., *Hobot J.*

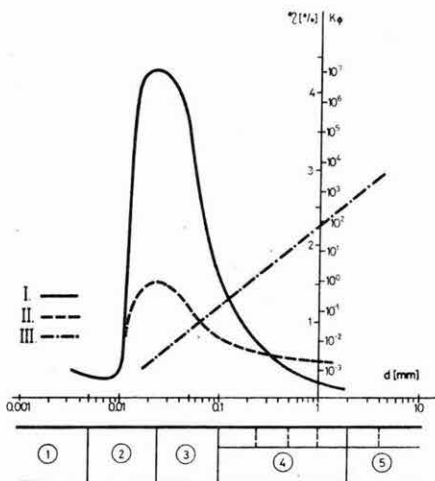


Рис. 28. Взаимоотношение поляризуемости, гранулиметрических размеров и фильтрационного коэффициента горных пород (Применение геофизических методов ... Москва, 1970 г.)

I — породы, насыщенные водой с содержанием соли 0,5—2,5 г/лит; II — породы, слабо насыщенные водой; III — зависимость фильтрационного коэффициента ($K\phi$) от гранулиметрических размеров (d); 1 — чистые глины; 2 — ил, илестые глины; 3 — тонкие пески, глинистые пески; 4 — пески различного гранулиметрического состава; 5 — галечники, обломки горных пород

28. ábra. A kőzetek polarizálhatósága, szemcseátmérője és filtrációs koefficiense közötti kapcsolat. (Primenenie geofiz. metodov. ... Moszkva, 1970)

I — vízzel telített kőzetek, 0,5—2,5 g/l sótartalommal; II — vízzel gyengén telített kőzetek; III — filtrációs koefficiens ($K\phi$) a szemcseátmérő (d) függvényében; 1 — tiszta agyag; 2 — iszap, iszapos agyag; 3 — homokliszt, agyagos homok; 4 — homok, különböző szemcseméretű; 5 — kavics, közettörmelék

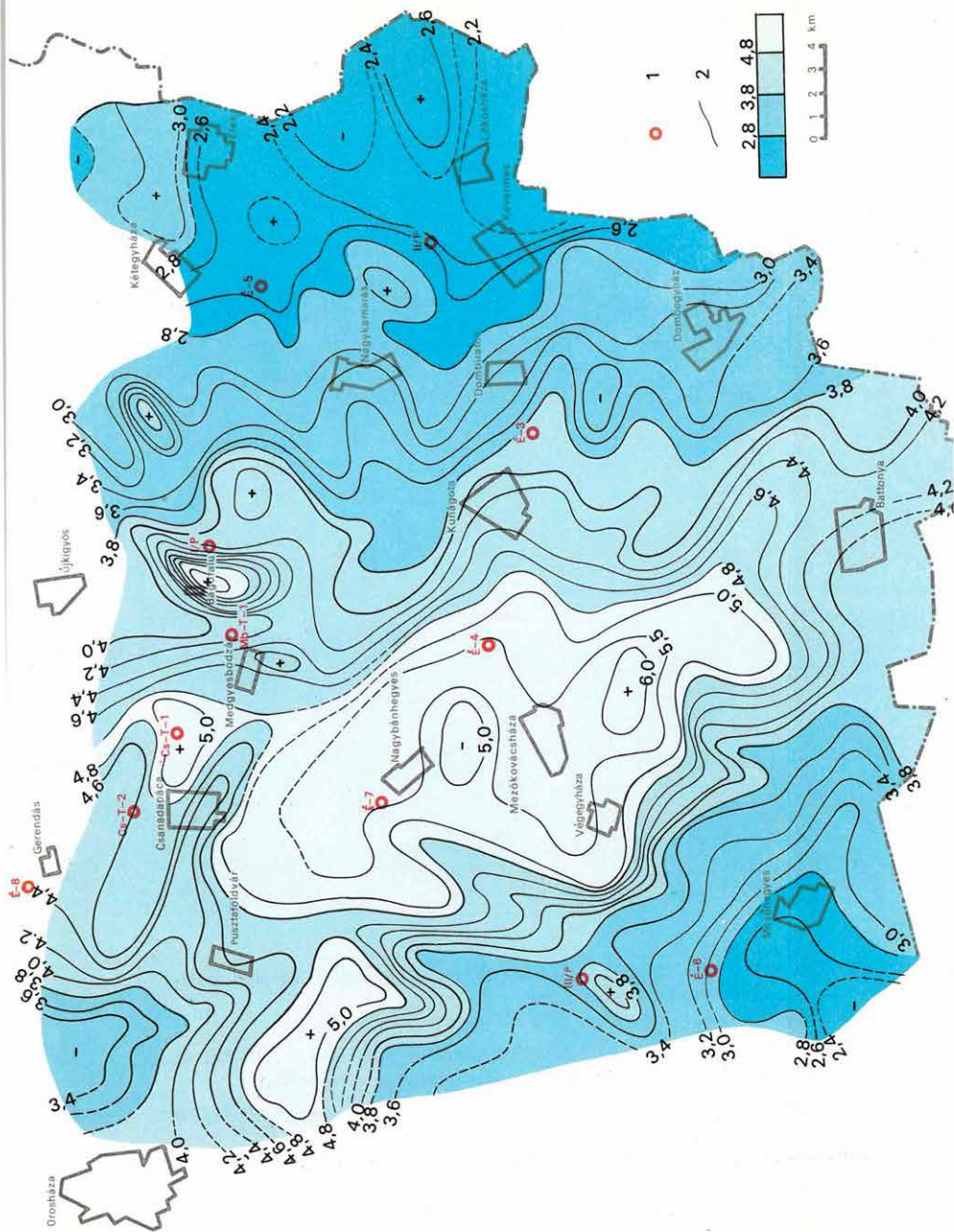
Fig. 28. Relation between polarizability, grain size and filtration coefficient (from Primenenie geofizicheskikh metodov ... Moscow, 1970)

I — water saturated rocks, with salt content 0.5—2.5 g/l; II — non saturated rocks; III — filtration coefficient ($K\phi$) as function of grain size (d); 1 — clay; 2 — silt; 3 — fine-grained sand, argillaceous sand; 4 — sand of different grain size; 5 — gravel, detritus

lecsengési görbét közelítő két exponenciális komponens amplitúdójának és idő-állandójának meghatározására és vizsgálatára. A számítások azt mutatták, hogy valamennyi lecsengési görbe közel azonos komponensekre bontható, s a mélység függvényében a különböző dinamikus paraméterek egymáshoz és a látszólagos polarizálhatóság értékeihez hasonló menetet mutatnak, azaz a GPS görbékhez képest nem adnak többletinformációt. Ezért a továbbiakban a lényegesen gyorsabb és egyszerűbb DIAPIR—E műszert használtuk, amely-lyel azonos tápfeszültség mellett $AB_{\max}=1000$ m-ig végezhattünk GPS méréseket.

Az η_1 szondázási görbék legnagyobb részét az ellenállás és a polarizálhatóság réteghatárainak elkülönülése miatt olyan kétréteges η_1 görbesereggel értékeltük ki, amelyeknél a réteghatáron a fajlagos ellenállás nem változik.

A rendelkezésünkre álló kisszámú háromréteges görbesereg olyan modellekre készült, amelyeknél azonos réteghatárokon változik mind ρ , mind η értéke; tapasztalatunk szerint területünkre ez a modell általában nem alkalmazható.



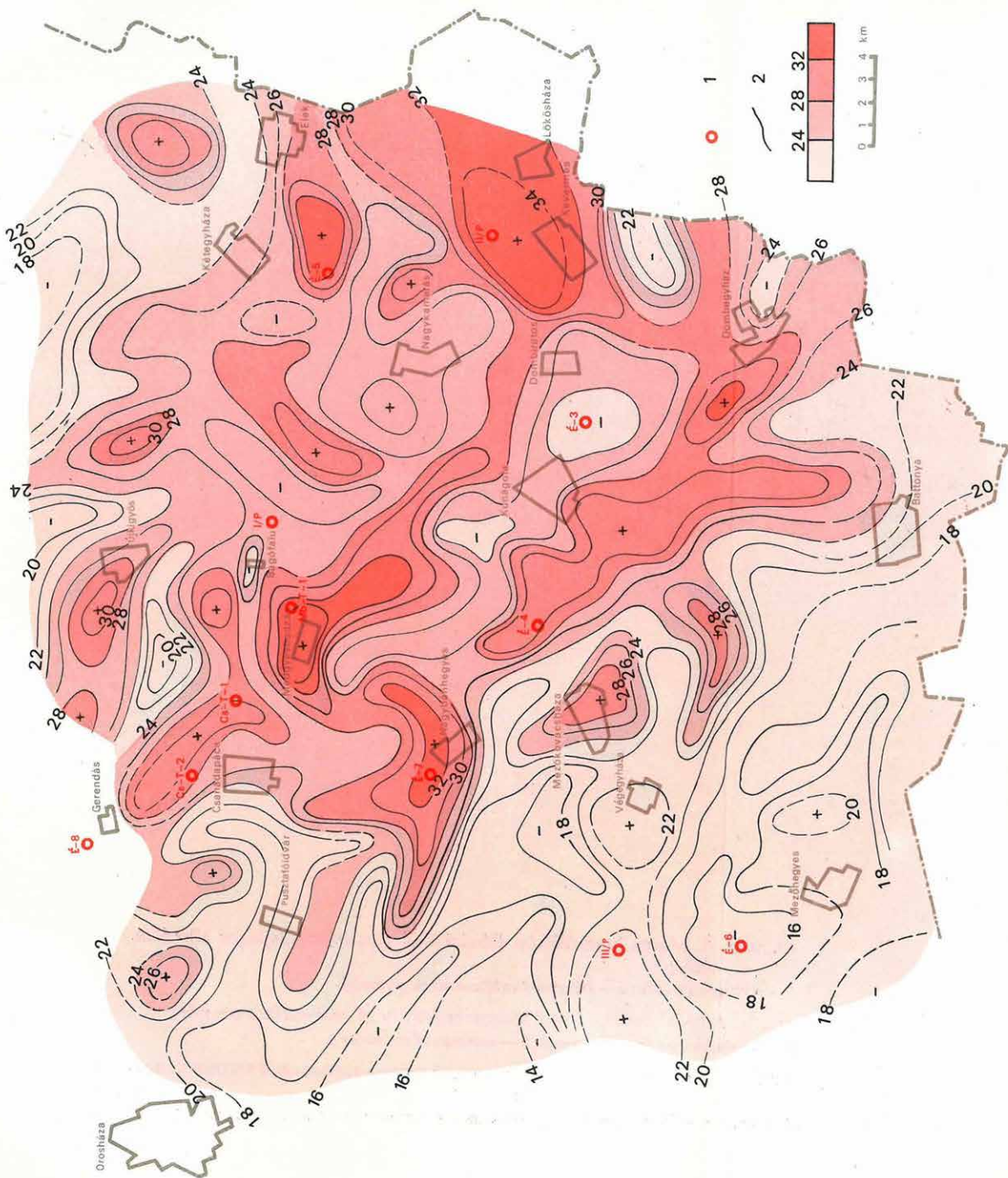
29. ábra. A Maros hordalékkúp felszínközeli rétegösszletének látszólagos polarizálhatósága AB=640 m-nél

1 — a vizsgált fúrások; 2 — látszólagos polarizálhatóság (η) vonalai

Fig. 29. Alluvial cone of River Maros: apparent polarizability at AB=640 m
1 — boreholes used for experiments; 2 — contours of apparent polarizability (η_a)

Рис. 29. Кажущаяся поляризуемость приповерхностной толщи наносного конуса р. Марош при AB=640 м

1 — исследуемые скважины, 2 — линии кажущейся поляризуемости (η_k)



30. ábra. A Maros hordalékkúp felszínközeli összetételének fajlagos ellenállás térképe

1 — a vizsgált fúrások; 2 — fajlagos ellenállás-értékek ρ vonalai

Fig. 30. Alluvial cone of River Maros: resistivity of near-surface complex

1 — boreholes used for experiments; 2 — contours of resistivity ρ

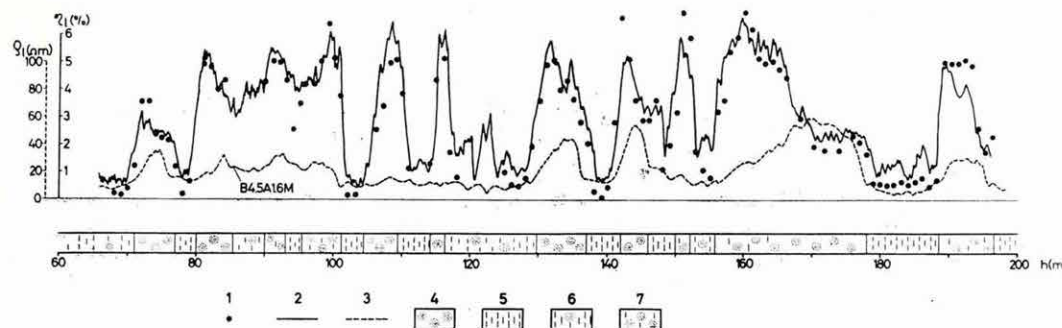
Рис. 30. Карта удельных сопротивлений приповерхностной толщи наносного конуса р. Марош

1 — исследуемые скважины, 2 — линии значений удельного сопротивления ρ

Nem minden ponton mértünk teljes szondázási görbét, de a látszólagos polarizálhatóság területi eloszlásában észlelt rendszeresség miatt szükséges volt, hogy néhány kiválasztott AB távolság mellett ($AB=200, 320, \text{ és } 640 \text{ m}$) minden ponton mérjük meg η_i értékét. A mért η_i értékek területi eloszlását térképszerűen ábrázoltuk. A különböző AB-távolságoknál szerkesztett látszólagos polarizálhatóság értékeinek területi változása $2,0\text{--}7,0\%$ közé esik. Alacsony polarizálhatóságú ($2\text{--}3\%$) a terület K-i része (29. ábra, Elek—Kevermes körzete), ahol a felszínközeli — feltehetően a legtöbb homokréteget tartalmazó — rétegösszetétel fajlagos ellenállása (30. ábra) nagy ($30\text{--}34 \text{ ohmm}$), vastagsága $2\text{--}300 \text{ m}$. Hasonlóan alacsony polarizálhatóságú Mezőhegyes—Pitvaros körzete, ahol viszont a fajlagos ellenállás szinte az egész területen a legkisebb ($16\text{--}18 \text{ ohmm}$). A terület legnagyobb ($>5\%$) polarizálhatóságú része Nagybánhegyes—Mezőkovácsháza körzete, közepes ellenállás értékekkel ($20\text{--}24 \text{ ohmm}$). A közepes ($4\text{--}5\%$) polarizálhatóságú területek ellenállása különböző lehet: Pusztaföldvár és Magyarbánhegyes térségében $22\text{--}24 \text{ ohmm}$, Medgyesbodzás körzetében pedig $30\text{--}32 \text{ ohmm}$, azaz megközelíti a kevermesi ellenállásmaximum értékét. Méréseink tehát kvalitatíve megfelelnek a 28. ábra görbéjének, mivel az adott modellben a szemcseméret növekedésével az ellenállás is növekszik. A különböző polarizálhatóság- és ellenállás-anomáliák földtani értelmezését a területen mélyített értelmező- és pillérfúrásokban végrehajtott mérések eredményei alapján végeztük.

A lyukmérésekhez egyszerű 4 elektródás kábelszondát (A 0,5 M 0,5 N 0,5 B) és a felszíni méréseknél alkalmazott DIAPIR—E műszert használtuk. Álló szondával, az ellenállás-szelvény alapján kiválasztott karakterisztikus agyag és homokrétegekben, valamint az egyes rétegek változási zónáiban mértünk. Az elmúlt évben néhány fúrásban már folyamatos GP szelvényt is sikerült mérni. Ezek teljes összhangban vannak a fúrólyukban végzett DIAPIR mérések eredményeivel (31. ábra). A fúrásokban végzett mérések eredményeit $\rho_t\text{--}\eta_i$ grafikonok mutatják (32. ábra). Ezekből megállapítható, hogy a harántolt képződmények valamennyi — a felszíni mérések különböző $\rho\text{--}\eta$ anomáliáira telepített — fúrásban gyakorlatilag hasonlóan viselkednek. Mint látható:

- a tiszta agyagok mindig alacsony fajlagos ellenállásúak ($<10 \text{ ohmm}$) és polarizálhatóságúak ($0,5\text{--}2,5\%$), megegyezően a szovjet kutatók laboratóriumi eredményeivel;
- a vastagabb homokrétegek középső részein az ellenállás nagy ($>50 \text{ ohmm}$) a polarizálhatóság közepes ($2,0$ és $5,0\%$ között változik), míg a réteghatárokon, ahol a homokréteg nyilván már agyagos szennyezettségű, η_i értéke ugrásszerűen megnő;
- a legnagyobb polarizálhatóság-értékekhez ($>6\%$) minden esetben közepes vagy változó ellenállás tartozik. Ilyen értékeket főként a nagyobb mélységekben települő homokos agyag, homokliszt rétegeknél, valamint a sűrűn váltakozó vékony agyag- és homokrétegekben mértünk.



31. ábra. Folyamatos és pontszerű GP mérések összehasonlítása az É—6 értelmező fúrásban

1 — pontszerű (DIPIR) mérések értékei; 2 — folyamatos GP mérés görbéje; 3 — ellenállás görbe; 4 — homok; 5 — agyag; 6 — homokos agyag; 7 — agyagos homok

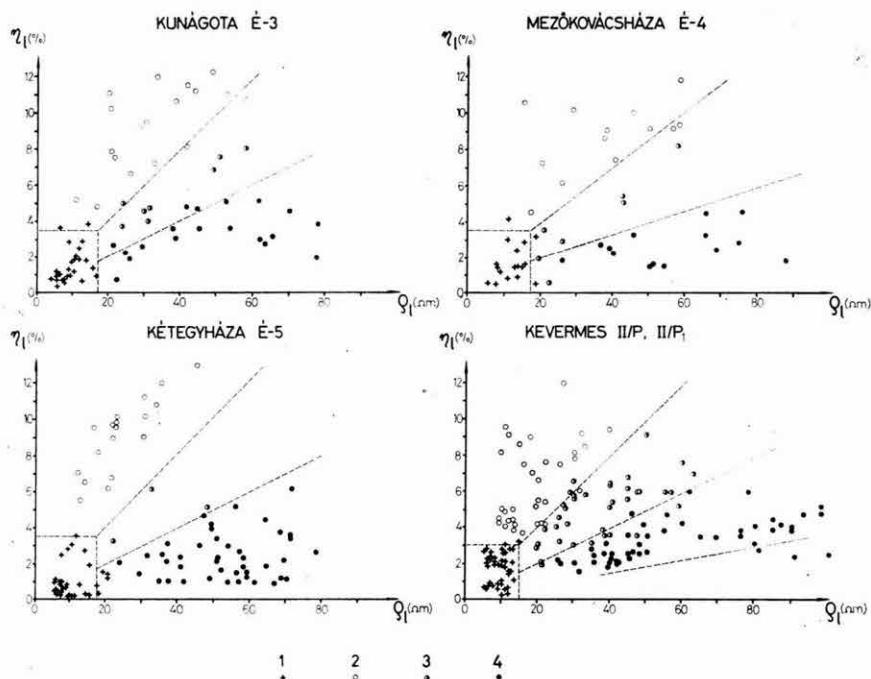
Fig. 31. Comparison of continuous and point-like IP measurements in bore-hole É—6

1 — values of point-like IP (DIPIR) measurements; 2 — continuous IP measurements; 3 — resistivity log; 4 — sand; 5 — clay; 6 — sandy clay; 7 — argillaceous sand

Рис. 31. Сопоставление результатов непрерывных и точечных наблюдений по методу ВП в скважине Э—6

1 — результаты точечных измерений (ДИПАИР); 2 — график непрерывных наблюдений по методу ВП; 3 — кривые сопротивления; 4 — пески, 5 — глины; 6 — суглинки; 7 — супеси

A lyukmérések adatai alapján értelmezhetők a különböző mélységintervallumra vonatkozó látszólagos polarizálhatóság térképek. A terület azonos mélységre vonatkozó nagy ellenállású, alacsony polarizálhatóságú körzeteiben a rétegsorok lényegesen több és tisztább homokréteget tartalmaznak, mint a hasonlóan nagy ellenállású, de nagy polarizálhatóságú körzetek. Az alacsony polarizálhatóság nagy ellenállás esetén vastag, tiszta homokrétegekre utal, kis ellenállás esetén pedig az agyagos képződmények megnövekedett szerepére. A jó polarizálhatóságú területeken főleg vékony rétegek és homoklisztek, agyagos homokok várhatók. Ezeket az első néhány fúrás mélyítése után tett következtetéseket a későbbi fúrások igazolták.



32. ábra. Kísérleti lyukmérések ρ_1 — η_1 diagramjai

1 — agyag; 2 — iszap, homokliszt, szennyezett réteg (réteghatár); 3 — finom homok, agyagos homok; 4 — homok, durva homok, kavics

Fig. 32. ρ_a — η_a diagrams of experimental borehole measurements

1 — clay; 2 — silt, fine-grained sand, mixed layers (boundaries); 3 — fine grained sand, argillaceous sand; 4 — sand, coarse sand, gravel

Рис. 32. Графики ρ_k — η_k опытных скважинных наблюдений

1 — глины; 2 — ил, тонкие пески, слой смешанного состава (граница раздела); 3 — тонкие пески, супеси; 4 — пески, крупнозернистые пески, галечники

1.5.2 Árvízvédelmi töltések felülvizsgálata mérnökgeofizikai módszerekkel*

Az ELGI Víz- és Mérnökgeofizikai Osztálya 1980-ban részt vett a Kettős-Körös gátszakadásával kapcsolatos helyreállítási munkákban. A feladat a gátszakadás mintegy 4 km-es környezetében az árvízvédelmi töltések felülvizsgálata volt. A vizsgált árvízvédelmi töltések mentén kerestük azokat a kritikus szakaszokat, ahol ősmeder kereszteződés, vízzáró fedőképződmények kivékonysága vagy kedvezőtlen szemcseösszetétel stb. miatt műszaki beavatkozás szükséges. –

Árvízvédelemmel foglalkozó geofizikai szakirodalom nem ismeretes, csupán az ELGI 1965. évi dunai árvízkor végzett geoelektromos méréseinek tapasztalatai („A mérnökgeofizika alkalmazása az árvízvédekezésnél” Földtani kutatás 1966.) szolgáltak előzményként. Az 1965. évi kísérleteknél a különböző időszakban végzett horizontális szelvényezések adtak biztató eredményeket. A töltések átázási folyamatának vizsgálatát úgy oldottuk meg, hogy a száraz gátviszonyok mellett végzett horizontális szelvényezést (etalongörbe) az elárasztás időszakában megismételtük és az eredményeket összehasonlítottuk.

Az alkalmazott kutatómódszerek

Az árvízvédelmi töltések felülvizsgálatát arra a módszerre alapoztuk, amelyet a gátak és szivárgócsatornák feltárására már korábban kidolgoztunk. Elsősorban az in situ vizsgálatok megvalósítására törekedtünk. Az összes eddigi tapasztalat felhasználásával az árvízvédelmi töltések felülvizsgálatára a következő lépéseket javasoljuk:

a) légifényképek elemzése

A VITUKI a körösi munkáival kapcsolatos részletes tanulmányban javasolja a módszer alkalmazását. Tekintettel arra, hogy a légifényképek rendelkezésre állnak, lényeges anyagi ráfordítás nélkül értékes információ nyerhető a terület morfológiájából következtethető „zavartságról”, a különböző típusú területek elkülöníthetők; számos részletesebb vizsgálatra javasolható holtmeder kijelölhető. Véleményünk szerint a légifénykép-elemzés a tervezés alapjául szolgál. Az ELGI körösi kutatásának tapasztalata szerint a kritikus töltésszakaszok nem törvényszerűen kötődnek a jelenleg is látható holtmedrekhez. A kutatás során feltárt tipikus holtmedreket a mai morfológia sok esetben nem tükrözte, a jól nyomozható mederalakzatoknál pedig gyakran vastag agyagos fedőképződményeket találtunk.

* Dobrovolni K., Jósa E.

b) *horizontális ellenállás-szelvényezés*

Ez a módszer elsősorban a folyamatos vizsgálatot hivatott biztosítani, másodszorban tervezési alapul szolgál a pontszerű feltárások (a mérnökgeofizikai szondázás és talajmechanikai fúrás) telepítéséhez.

A földtani viszonyoknak megfelelő sűrűséggel és kutatási mélységekkel végzett horizontális szelvényezéssel az azonos felépítésű gátszakaszok elkülöníthetők és ezek ismeretében a pontszerű feltárások gazdaságosan telepíthetők. A tapasztalatok szerint három behatolási mélységű vizsgálatot célszerű végezni: a legkisebb behatolási mélységű szelvényezéssel a szeszélyesen változó felszínközeli 0,5–0,8 m-es összeletről tájékozódhatunk, a közepes behatolási mélységű (1,5–2,0 m) szelvényezés a gát alapjáról, vagyis a vízzáró fedőről informál, a nagyobb (4–5 m) behatolású horizontális szelvényből pedig a vízzáró fedő vastagság-ingadozására ill. az esetleges első porózus szint jelenlétére következtethetünk.

A szelvényezésnél az elektródák elrendezése tetszőleges lehet, nagy mennyiségű kutatás esetén azonban célszerűnek tartanánk a folyamatos szelvényezés módszerének kidolgozását.

Az előbbieken említett háromféle behatolási mélységű horizontális szelvényt együttesen értékelve osztályozhatók az árvízvédelmi töltések: nyugodt települési viszonyú (kevés feltárást igénylő) és változatos, zavart szakaszokra. A zavart felépítésű töltésszakaszokon belül a műszaki beavatkozást igénylő ún. kritikus helyek az eddigi tapasztalatok szerint a legtöbb esetben markáns ellenállás-maximummal jelentkeznek.

c) *mérnökgeofizikai szondázás*

Ennek az ELGI-ben kidolgozott módszernek a lényege az, hogy mérőszondákat juttatunk a vizsgálandó összletbe és mérjük a harántolt rétegek különböző fizikai paramétereit. A szondák átmérője igen kicsiny (36–42 mm), lehatoláskor nem változtatják meg a kőzetek természetes állapotát, ezért a mérésekből in situ adatok nyerhetők.

A Kettős-Körös töltésének vizsgálatánál a horizontális szelvényezés információi alapján telepített szondázásokkal négy paraméter szerint vizsgáltuk a fiatal hordalékkúp felső 10–15 m-es szakaszát. Mértük a harántolt rétegek mechanikai ellenállását (a statikus szondázások szabványos adatszolgáltatásának megfelelően a csúcnyomást és a teljes szonda lehatolásához szükséges össznyomást), regisztráltuk a képződmények természetes γ aktivitásának statisztikus átlagértékét és igen nagy pontossággal folyamatosan vizsgáltuk a kőzetek in situ térfogatsúlyát.

A négy (szükség esetén több) paraméter együttes értékeléséből a vizsgált ponton a harántolt képződmények részletes rétegsorát kapjuk. A litológiai változások pontos meghatározásán kívül ez a rétegsor azt is jelzi, ha egy rétegen belül a fizikai állapot (tömörség, képlékenység, hézagterfogat stb.) változik

meg, vagy pl. egy folyamatos üledékképződés során a közettani összetétel folyamatosan, litológiai határ nélkül változik.

Az árvízvédelmi töltések vizsgálatánál a részletes földtani felépítés meghatározása mellett elsősorban a vízepítés szempontjából fedőképződménynek minősülő vízzáró összlet nyomozása és a folyóval kommunikáló (többnyire első) porózus összlet meghatározására törekedtünk. A porózus képződmények hidrológiai jellemzésére megadjuk azok in situ szerkezeti térfogatsúlyát és hézagtérfogatát. A tervezés alapjául szolgáló mérnökgeofizikai szelvényt a 33. ábrán mutatjuk be.

d) talajmechanikai fúrások és laboratóriumi vizsgálatok

A kutatás befejező fázisában, a mérnökgeofizikai feltárás során mutatkozó kritikus gátszakaszokra kell talajmechanikai fúrásokat telepíteni. Feladatuk a magmintavétel és a megelőző kutatómódszerekkel meghatározott rétegek és fizikai paraméterek közettani azonosítása.

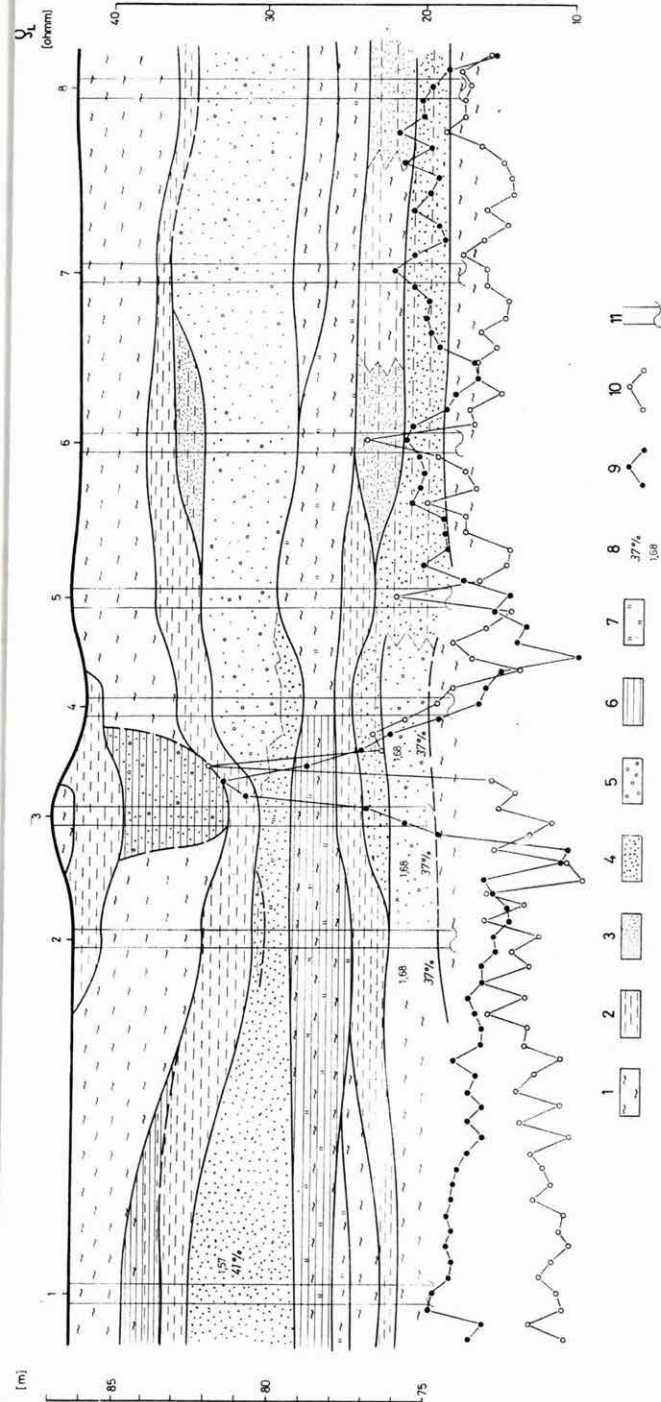
e) kiegészítő módszerek

A fentiekben részletezett kutatás nyomán megbízhatóan kijelölhetők a műszaki beavatkozást igénylő kritikus szakaszok. A tervező azonban sok esetben további információt is igényel. Ilyen lehet pl. az, hogy a mentett-oldali töltés-lábaknál kimutatott holtmeder kereszteződés az élővízfolyáshoz hogyan csatlakozik; milyen a holtmeder, vagy a felszínközeli vízvezető összlet vízáteresztő-képessége; és hogy a kritikus vízvezető összletben van-e vízáramlás.

Az élővízfolyás és a vízvezető összletek kapcsolatának nyomozására a legtöbb esetben ajánlatos a horizontális szelvényezések elvégzése az árvízvédelmi töltés hullámtéri lábánál is. A kritikus szakaszoknál a litológiai rétegsor pontosabb megismerésére célszerű 1—1 mérnökgeofizikai szondázást is mélyíteni.

Néhány részletesebb vizsgálatot igénylő kritikus szakaszon a „k” tényezőt és a vízáramlási sebességet legegyszerűbben a szondázó berendezéssel határozhatjuk meg. Kis mélységű vízkutatói és vízepítési feladatokra a mérnökgeofizikai szondázó berendezést alkalmassá tettük vízmintavételre és a „k” tényező meghatározására. A szonda rudazatát a vizsgálni kívánt tetszőleges rétegben nyitható szűrőszakasszal készítettük el, amelyen keresztül a tárolt víz megmintázható.

A szűrővel ellátott szonda alkalmas a víztároló réteg, vagy esetleg a nem kívánatos iszapos közbetelepülés „k” tényezőjének meghatározására is. Az áramlási tényezőt az adott geometriájú szűrő felhasználásával nyeletéssel mérjük meg. Miután a 4 vagy több paraméteres mérnökgeofizikai szondázásból megismerjük a vizsgált mélységig a részletes litológiai rétegsort; ezen belül kijelöljük a különböző víztároló rétegeket; a fizikai paraméterekből közvetve, vagy a szondalyukban mérve határozzuk meg a talajvízszintet. A vizsgálni kívánt porózus réteg helyzetének és a talajvízszint (nyugalmi vízszint) mélységének ismer-



33. ábra. A Körös folyó gátjától 4–5 m-re, a mentett oldalon telepített geofizikai szelvény

1 — agyag; 2 — iszap; 3 — homokliszt; 4 — homok; 5 — kavics; 6 — rétegzett képződmény; 7 — megnövekedett szervesanyag tartalom; 8 — hézag-
térfoogat, ill. szerkezeti térfogatszűrés; 9, 10 — horizontális ellenállászelvényezés $AB=10$ m ill. $AB=\frac{10}{3}$ m; 11 — mérnökgeofizikai szondázás

Fig. 33. Geophysical profile, located 4–5 m from the dam, on the protected side

1 — clay; 2 — silt; 3 — fine-grained sand; 4 — sand; 5 — gravel; 6 — layered medium; 7 — increased organic content; 8 — porosity and dry density
resp.; 9, 10 — horizontal resistivity profiles with $AB=10$ m and $AB=\frac{10}{3}$ m resp.; 11 — engineering geophysical sounding

Рис. 33. Геофизический профиль, заложенный на 4–5 м от дамбы реки Кэрэш, по защищенной стороне

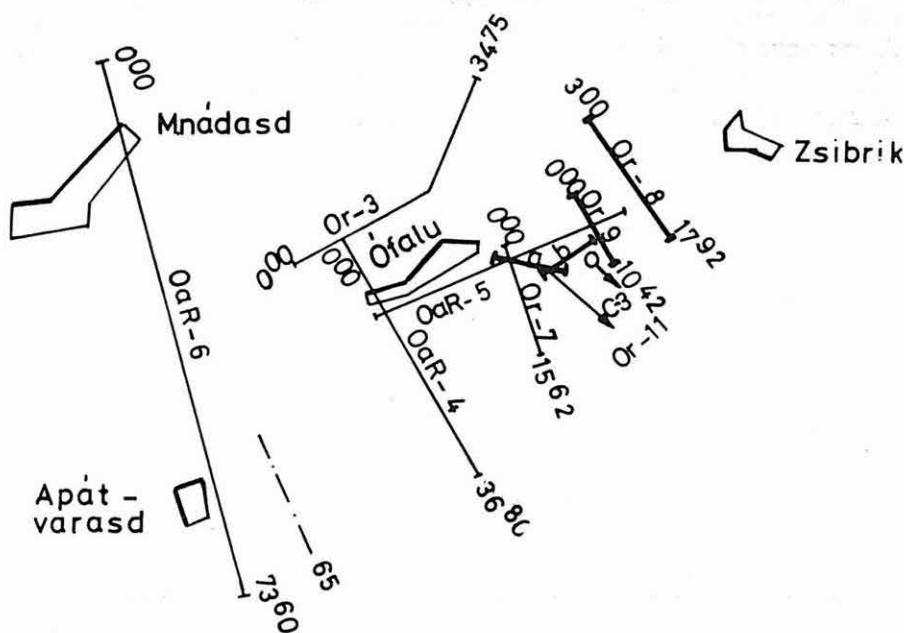
1 — глины; 2 — ил; 3 — тонкие пески; 4 — пески; 5 — галечники; 6 — слоистые отложения; 7 — места с повышенным содержанием органи-
ческих веществ; 8 — поровое пространство и структурный объемный вес; 9, 10 — электрическое профилирование при $AB=10$ м и $AB=\frac{10}{3}$ м; 11 — инженерногеофизическое зондирование

retében a hidrológiai szempontból részletesebben megismerni kívánt rétegbe juttatjuk a szűrővel ellátott szondát és a szűrőszakaszt a tetszőleges mélységben kinyitjuk. A szonda rudazatához a felszínen kalibrált tartály csatlakozik, amelynek segítségével mérjük az időegység alatt „elnyelt” vízmennyiséget.

Esetenként vízáramlási mérésre is alkalmazzuk a felszerelést. A számos lehetőség közül a gyakorlatban a J^{131} izotóp jelzőanyagot használjuk.

1.6 A MECSEK HEGYSÉG SZERKEZETI ELEMEINEK GEOFIZIKAI KUTATÁSA*

Mecseknádasd—Ófalu—Zsibrik—Apátvarasd körzetében 1980-ban folytattuk az alsó liász feketekőszén-összlet elterjedésének vizsgálatát (34. ábra). A méréseket a MÁFI megbízásából végeztük. A szelvénymenti földmágneses



34. ábra. A mecseki geofizikai mérések helyszínrajza
OaR — refrakciós szelvény; Or — reflexiós szelvény; 65 — földmágneses szelvény

Fig. 34. Location map of geophysical measurements in the Mecsek Mountains
OaR — refraction profile; Or — reflection profile; 65 — geomagnetic profile

Рис. 34. План местности геофизической съемки в районе гор Мечек
OaR — профиль КМПВ; Or — профиль МОВ; 65 — профиль магнитометрических наблюдений

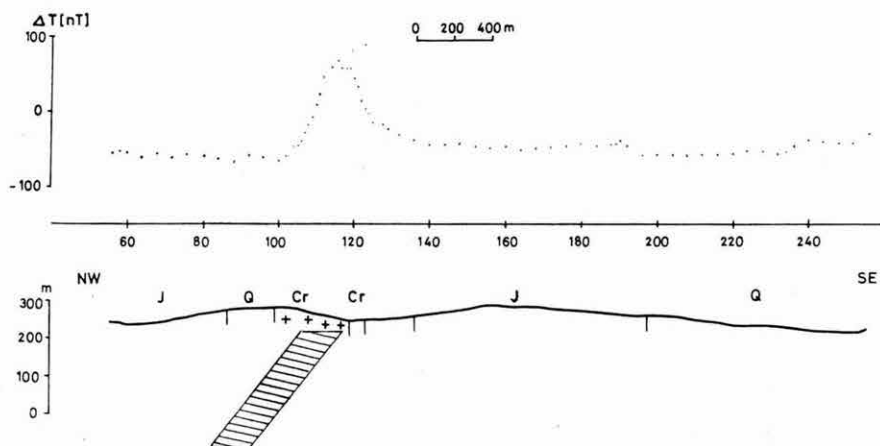
* Braun L., Ráner G., Zalai P.

ΔT és a szeizmikus mérések feladata az előfordulás települési és szerkezeti viszonyainak megismerése, a prognózist megalapozó földtani kutatás előkészítése volt. A mérések a VI. ötéves tervben folytatódnak, az 1980. évi eredmények így főleg lehetőségeinket szemléltetik.

A Máza D—Váralja D-i feketekőszén kutatási területen slalom-line méréseket végeztünk. Eredményeinkről a vibroszeiz módszertani téma (61. old.) számol be.

A szelvénymenti földmágneses mérésekkel meghatároztuk a hatók mélységét és dőlését. A vulkanitok felszíni elterjedése és a számított hatók jó egyezést mutatnak, így a terület földtani térképezésénél jól felhasználhatók. A hatók mélysége 10—50 m, szélessége 30—120 m között változik. A hatószámításokra példaként a 65. szelvényt mutatjuk be (35. ábra).

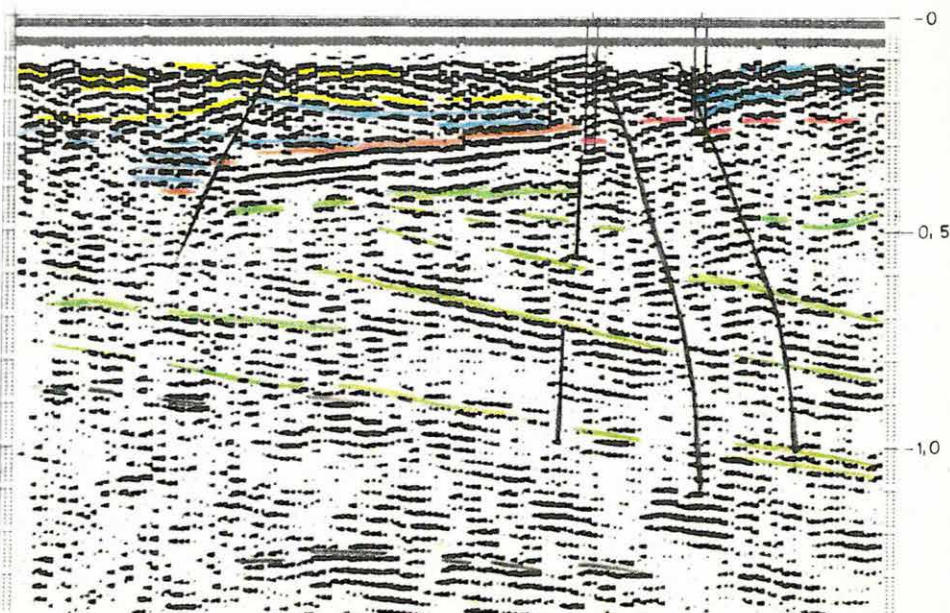
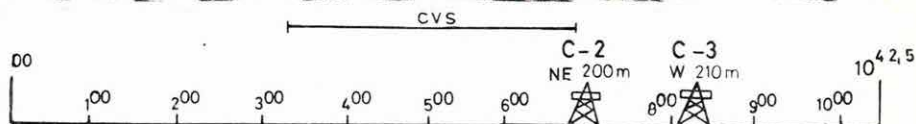
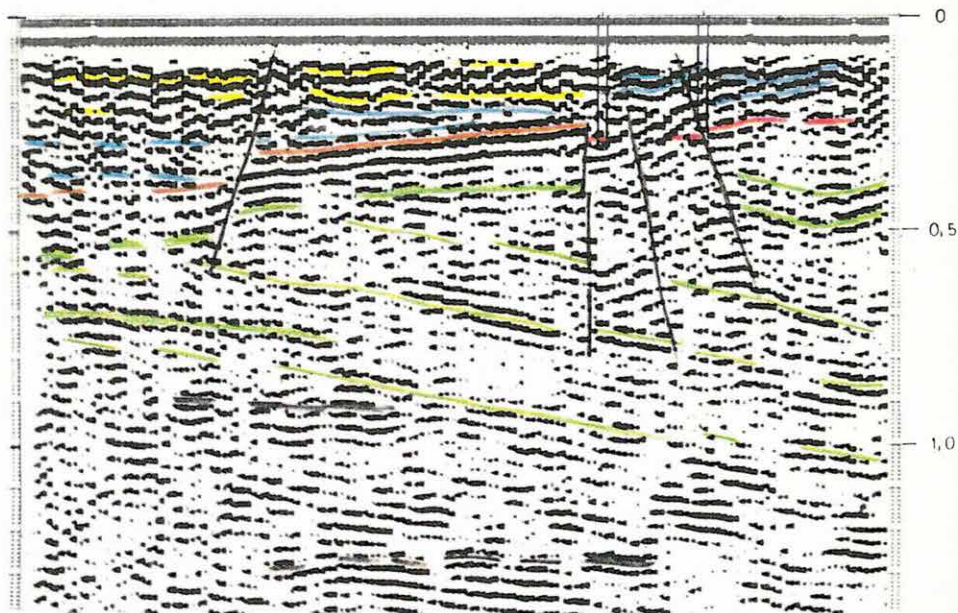
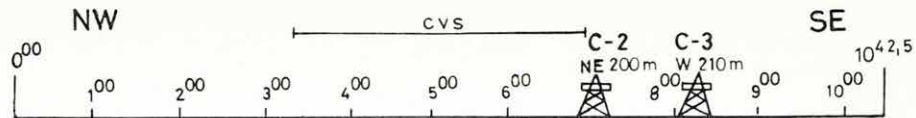
Az Ófalutól K-re eső területre reflexiós méréseket végeztünk, eredményeit az Or—9/80 és az Or—11/b/80 időszelvényen mutatjuk be (36., 37. ábra). A szelvényeken határozott vezérszintként jelentkezik a jura képződmények triász vagy annál idősebb képződményekből álló feküje (piros színnel jelölve). Viszonylag jó beérkezéseket kaptunk a jura összletből is (kék jelölés).



35. ábra. A 65. sz. földmágneses szelvény a számított mágneses hatóval

Fig. 35. Geomagnetic profile No 65 with the computed anomalous body

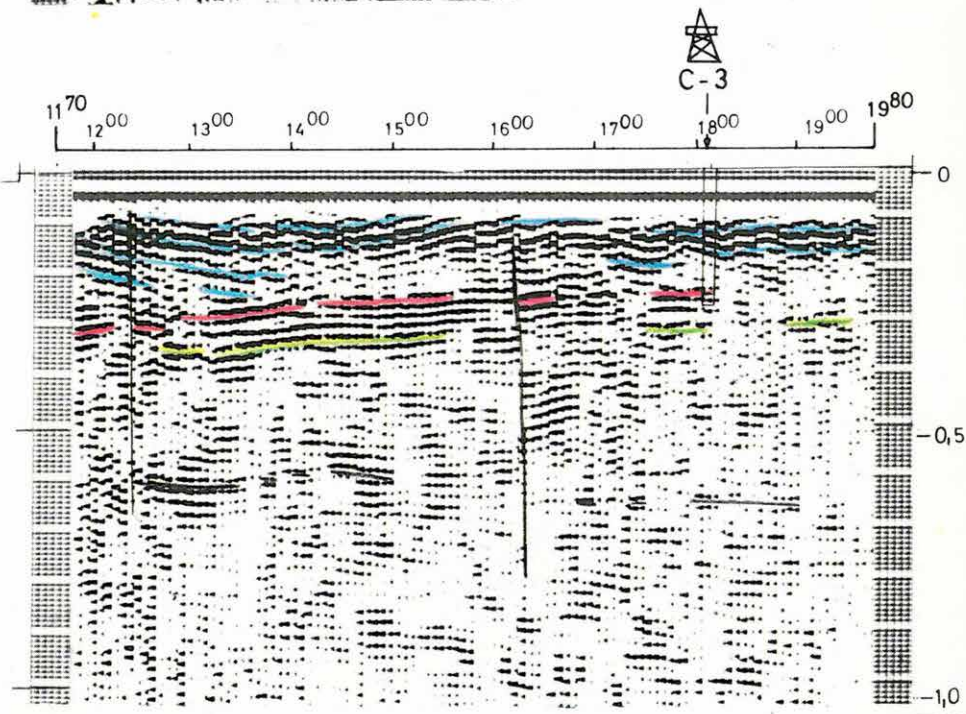
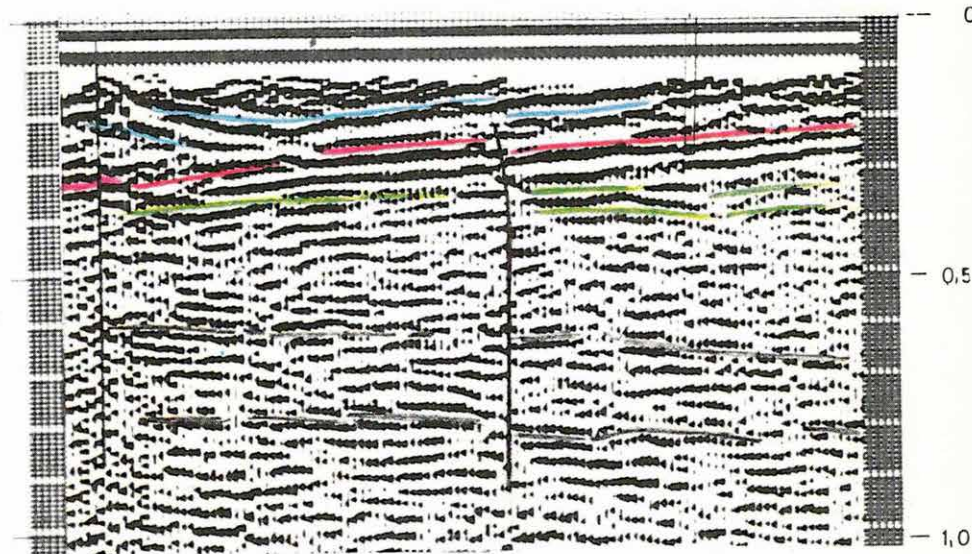
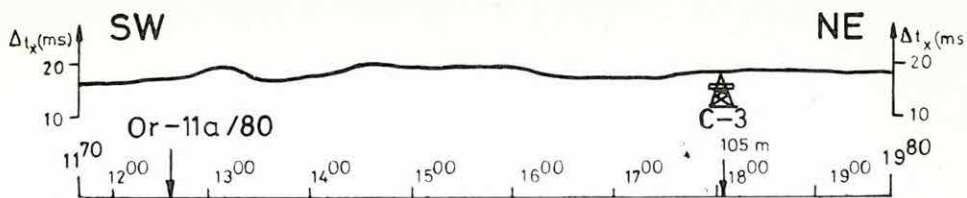
Рис. 35. Геомагнитный профиль № 65 с подсчитанным магнитным возмущающим телом



36. ábra. Or—9/80 időszelvény
Szűrés: 20—40 Hz; 30—60 Hz

Fig. 36. Or—9/80 reflection time section
Filter: 20—40 Hz, 30—60 Hz

Рис. 36. Временной разрез Or—9/80
Фильтрация: 20—40 Гц, 30—60 Гц



37. ábra. Or—11/b/80 időszelvény
Szűrés: 20—74 Hz; 40—80 Hz

Fig. 37. Or—11/b/80 reflection time section
Filter: 20—74 Hz, 40—80 Hz

Рис. 37. Временной разрез Or—11/b/80
Фильтрация: 20—74 Гц, 40—80 Гц

Az Or—11/b közel csapásirányú szelvény felső szintjei jól mutatják a jura összlet erősen gyűrt szerkezetét. Ezek a képződmények diszkordánsan települnek a 0,20—0,35 s között látható aljzatra. A 16⁰⁰ pontnál jól észlelhető az aljzatot elvető mozgási sík. Figyelemreméltók a mélyebb, a felsőbb szintekhez viszonyítva ellentétesen dőlő felületelemek.

A dőlésmenti Or—9 szelvényen hasonló szeizmikus kép rajzolódik ki. A szelvény É-i részén a miocén képződmények is megjelennek (sárga színnel jelölve). A C—2, C—3 fúrás szerint a paleozoos (ópaleozoos?) aljzatot a mozgási síkok több szerkezeti egységre tagolják. A 7⁰⁰—9⁰⁰ pont közötti szelvényszakaszon több törésből álló tektonikus sáv van.

2 MÓDSZER- ÉS MŰSZERKUTATÁS

A szeizmikus és számítástechnikai módszer- és műszerkutatás 1980. évi említésre méltó eredményei:

1. vibroszeiz mérési metodika kialakítása a Mecsekben, topográfiailag erősen tagolt területen;
2. bányabeli szeizmikus mérések telephullám-modelljének meghatározása és az „átvilágításos” mérési eredmények számítógépes kiértékelése;
3. kéreg- és felsőköpeny-szerkezet kimutatása Biharkereszttestől É-ra és a Dunántúli-középhegységben;
4. SD—20 szeizmikus berendezés alapkiépítésének elkészítése;
5. óceáni adatgyűjtő-, feldolgozó és navigációs rendszer kifejlesztése;
6. sekélyreflexiós kísérletek ESS—01 műszerrel, kis mélységű bauxit- és szénkutatás elősegítésére.

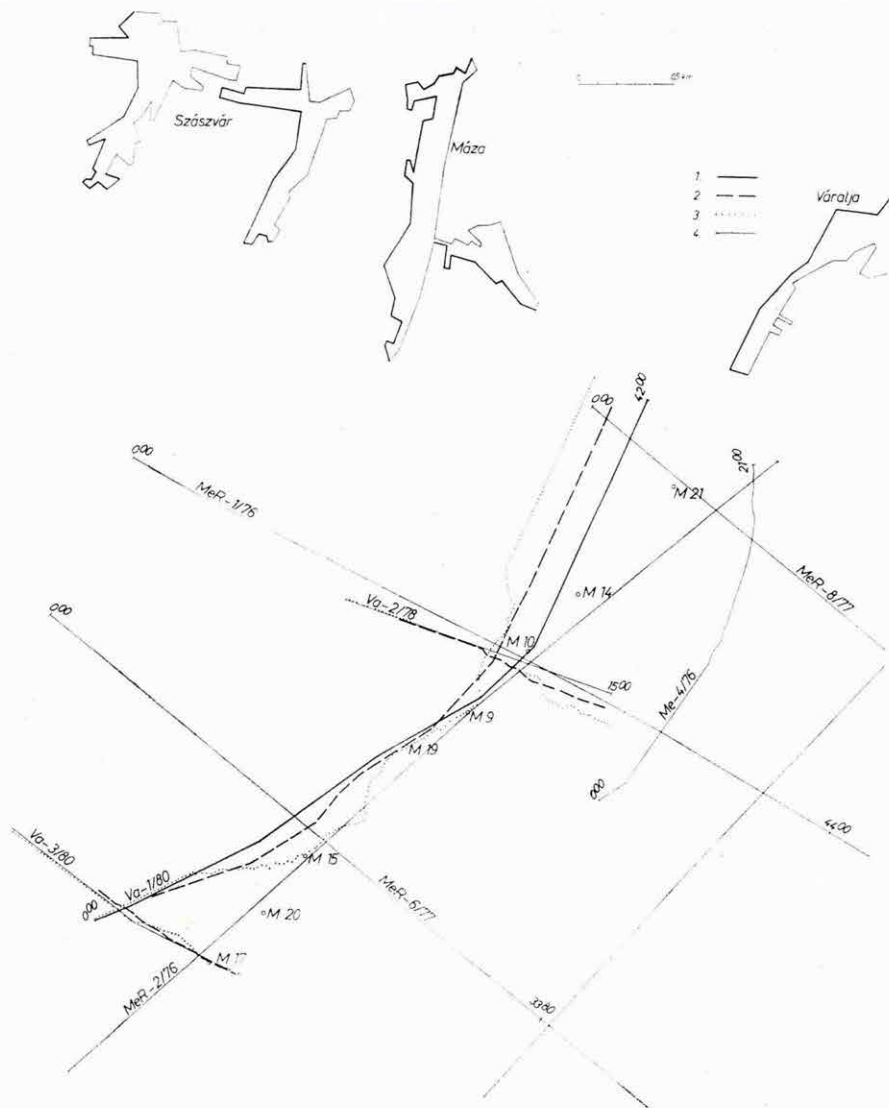
1. 1980-ban **vibroszeiz** eljárással **módszertani kísérleti méréseket** végeztünk a Mecsek É-i peremén elterülő, gazdaságilag igen fontos „liász feketeköszén kutatási területen”, amelynek szeizmikus kutatása igen nehéz feladatot jelent. A hegyvidéki jellegű terület teljes egészében erdővel fedett felszínét mély völgyek és meredek lejtők tagolják, földtani felépítését az erős tektonizáltság és a meredek dőlések jellemzik.

A terület felszínéből következően a mérési vonalakat csak a topográfiahoz és a területen már meglevő utakhoz lehetett illeszteni, így a görbe vonalú mérések, azaz az úgynevezett „slalom line” technikáját választottuk.

A mérési metodika kialakításánál figyelembe vettük a kutatási terület nagyfokú tektonizáltságát, vagyis azt, hogy a kutatandó szintek várhatóan kis horizontális kiterjedésű blokkokra vannak szabdalva. Ez a tény a horizontális felbontóképesség nagyfokú növelését tette szükségessé, amit a geofon-bázistávolság megfelelően rövidre (10 m) választásával értünk el.

A 38. ábrán a mérések helyszínrajzát mutatjuk be. Látható, hogy külön nyomvonalon fut a terítés, a vibropontok sora és az eredményszelvény vonatkoztatási vonala. A 39. ábrán a mérési eredmények illusztrálására a Va—1/80 időszelvényt mutatjuk be.

* Albu I., Bodoky T., Kaszás M., Kovács B., Posgay K., Ráner G.



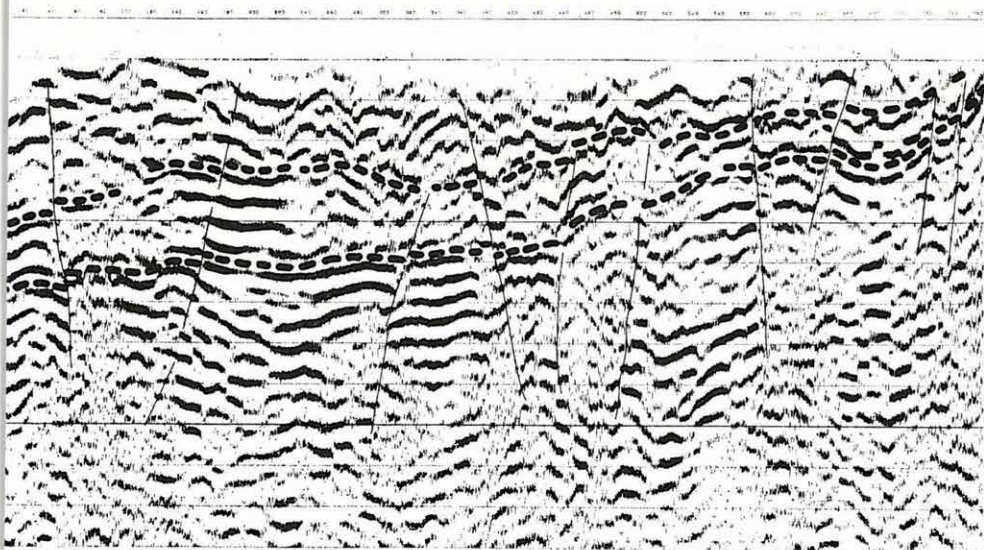
38. ábra. Mecseki vibroseis módszertani mérések helyszínrajza

1 — a terítés helye; 2 — az időszelvény vonatkozási helye; 3 — a vibropontok helye; 4 — korábbi szeizmikus vonalak

Fig. 38. Location map of the methodological VIBROSEIS® measurements in the Mecsek Mts.

1 — geophone spread; 2 — reference line of time section; 3 — vibrator points; 4 — previous seismic profiles

Рис. 38. План методических вибросейсмических работ в районе гор Мечек
1 — места установки; 2 — место приведения временного разреза; 3 — места возбуждений; 4 — ранее проведенные сейсмические профили



39. ábra. Vibroseis „slalom line” időszelvény a Mecsekben.

A felső bejelölt szint a széntelepes összlet ($J_1 h_1$), az alsó az alaphegység (T_3r) felszínét jelöli

Fig. 39. A VIBROSEIS® “slalom line” time section in the Mecsek Mts. The higher horizon denotes the top of the coal bearing formation ($J_1 h_1$), the lower one the basin floor (T_3r)

Рис. 39. Вибросейсмический временной разрез, обработанный по методу „слаломной линии” в районе гор Мечек.

Верхний горизонт соответствует угленосной толще ($J_1 h_1$), а нижний — поверхности фундамента (T_3r)

A kísérleti szelvényeken jól követhető — a terület tördelt, blokkos jellegét jól tükröző — reflexiók vannak, viszonylag jó jel/zaj viszonyal. A görbe vonalú mérés és a „slalom line” feldolgozás alkalmazása, amelyet a csehszlovák Geofizika Brno vállalat végzett el, a korábbi mérésekhez viszonyítva (lásd ELGI 1976. Évi Jelentése 1.7.2 pont) igen jelentős anyagminőség javulást eredményezett.

2. **Bányabeli szeizmikus** kutatást — a Mecseki Szénbányákkal együttműködésben — két témakörben végeztünk. Első témánk a **széntelepben haladó hullámok** tulajdonságainak meghatározására irányult.

A hetvenes évek folyamán a fejlett szénbányászattal rendelkező országokban a széntelepekben kialakuló rugalmas diszperz csatornahullámokra alapozva új kutatómódszer fejlődött ki. A mélyművelésű szénbányák fokozottabb gépesítésével hazánkban is szükségessé vált ennek a bányabeli tektonika-kutató szeizmikus módszernek a bevezetése. Ezért a diszperz csatornahullámok vagyis

az úgynevezett „telephullámok” vizsgálatára és a rájuk épülő módszer mérési módszertanának kifejlesztésére a Mecseki Szénbányák Kutatási Osztálya együttműködési szerződést kötött az ELGI-vel.

A kutatások első lépéseként elemeztük a szakirodalomból ismert vizsgálati módszereket és végül a telephullámokkal kapcsolatban eddig még nem alkalmazott numerikus modellezés mellett döntöttünk. A telephullámok numerikus modellezését egy harmadik együttműködő partnerrel, az MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetével közösen kezdtük el. A feladat a

$$\rho \frac{\partial^2 \bar{s}}{\partial t^2} = \mu \Delta \bar{s} + (\lambda + \mu) \text{grad div } \bar{s}$$

rugalmas hullámokra vonatkozó vektor-egyenlet megoldása volt, a zavartalan illetve tektonikailag zavart telepnek megfelelő határfeltételek mellett (ρ a sűrűséget, \bar{s} a részecske elmozdulásvektort, t az időt, λ és μ a Lamé-féle rugalmasági állandókat jelentik).

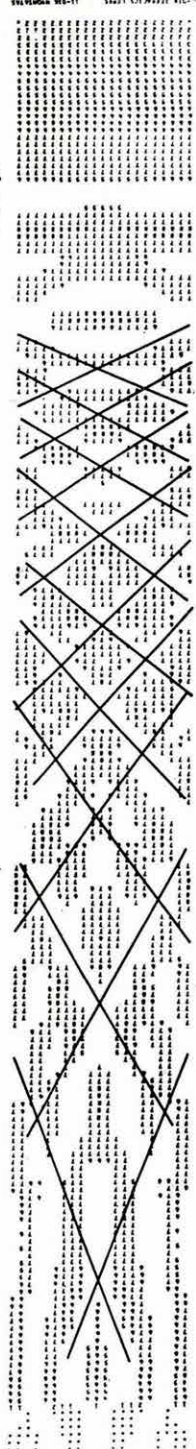
Megfelelően választva a koordináta rendszert, az \bar{s} vektor komponenseire felírható parciális differenciálegyenlet-rendszer két részre szeparálható: az SH vagy Love csatornahullámokat, illetve a P—SV vagy Rayleigh csatornahullámokat leíró differenciálegyenletekre. Az eddig elvégzett munka során elkészült mindkét komponensnek a zavartalan telepre, illetve a tetszőleges helyen, tetszőleges dőléssel elhelyezett vetővel zavart telepre vonatkozó programrendszer. A numerikus modellprogramok matematikailag a véges differenciák módszerén alapulnak.

Modellszámításainkra példaként a 40. ábra egy SH komponensre számolt modell egy „pillanatát” mutatja be. A modellen berajzoltuk a konstruktív interferenciában levő hullámfrontokat, amelyek jól szemléltetik a diszperz csatornahullámok szimmetrikus módjainak elméletileg levezethető interferenciaképét. A 41. ábra egy P—SV modell x komponensének egy „pillanatát” ábrázolja. Ezen a megfelelően választott dinamika következtében jól látszanak a P hullámfrontot megelőző refraktált hullámfrontok, amelyek a nagyobb terjedési sebességekkel jellemzett külső kőzetekből törnek vissza a telepbe.

A Mecseki Szénbányákkal folytatott együttműködés másik fontos témája a Mecseki Szénbányák Kutatási Osztálya által kifejlesztett *átvilágítós mérések* számítógépes kiértékelésének kidolgozása volt.

A bányaművelés során megváltozó feszültségviszonyok (lazulás, áttérhelődés) ismerete biztonsági és gazdaságossági okokból nagy fontosságú. Mivel a szeizmikus hullámok sebessége a földtani tényezőkön kívül a nyomástól is függ, a sebességmező két időpont közötti megváltozásának ismeretében következtetni lehet a feszültségviszonyok alakulására.

Az átvilágítás-mérések eredményeinek feldolgozására iteratív programot fejlesztettünk ki. Az eljárás lényege: a program automatikusan addig módosít egy kiinduló sebességmezőt, míg a (geometriai optika alapján) számított és a



40. ábra. Telephullám-modell. SH hullám zavartalan telep esetén. Vonallal jelöltük a konstruktív interferenciában levő hullámfrontokat

Fig. 40. Channel-wave model: SH wave for an undisturbed coal seam. Wave fronts in constructive interference are denoted by a solid line

Рис. 40. Модель пластовой волны. Волна SH при ненарушенном пласте. Линиями отмечены фронты волн конструктивной интерференции



41. ábra. Telephullám-modell. P—SV hullám x komponense zavartalan telep esetén. Vonallal jelöltük a refraktált hullámfrontokat

Fig. 41. Channel-wave model: x component of the P—SV wave for an undisturbed coal seam. Solid line denotes refracted wave fronts

Рис. 41. Модель пластовой волны. Составляющая x волны P—SV при ненарушенном пласте. Линиями отмечены фронты преломленных волн

mért első beérkezési idők eltérése — minden robbantópont-geofon párra — a mérési hibánál kisebbé válik. Az így meghatározott sebességmezőt tekintjük az átvilágított terület valódi sebességeloszlásának.

A 42. ábrán a módszer alkalmazásának egy példáját mutatjuk be. A vágatok között 9 hónapos különbséggel két mérés történt; a közben folyt művelést vonalkázással jelöltük. A szintvonalak a két időpontra meghatározott sebességmezők relatív különbségeit ábrázolják (%). Bejelöltük a számítási eredmények megbízhatósági határait is (a terület szélein a mérési elrendezés következtében túl kevés a sugárút). A sebességmező megváltozásai jól korrelálhatók a műveléssel. A sebességnövekedés helye ártérhelődés miatt megnövekedett nyomást, a sebességsökkenés fellazulás következtében létrejött, csökkent nyomást jelent. (A jobb felső sarokban jelentkező fellazulás is egy közeli aláfejtés következménye).

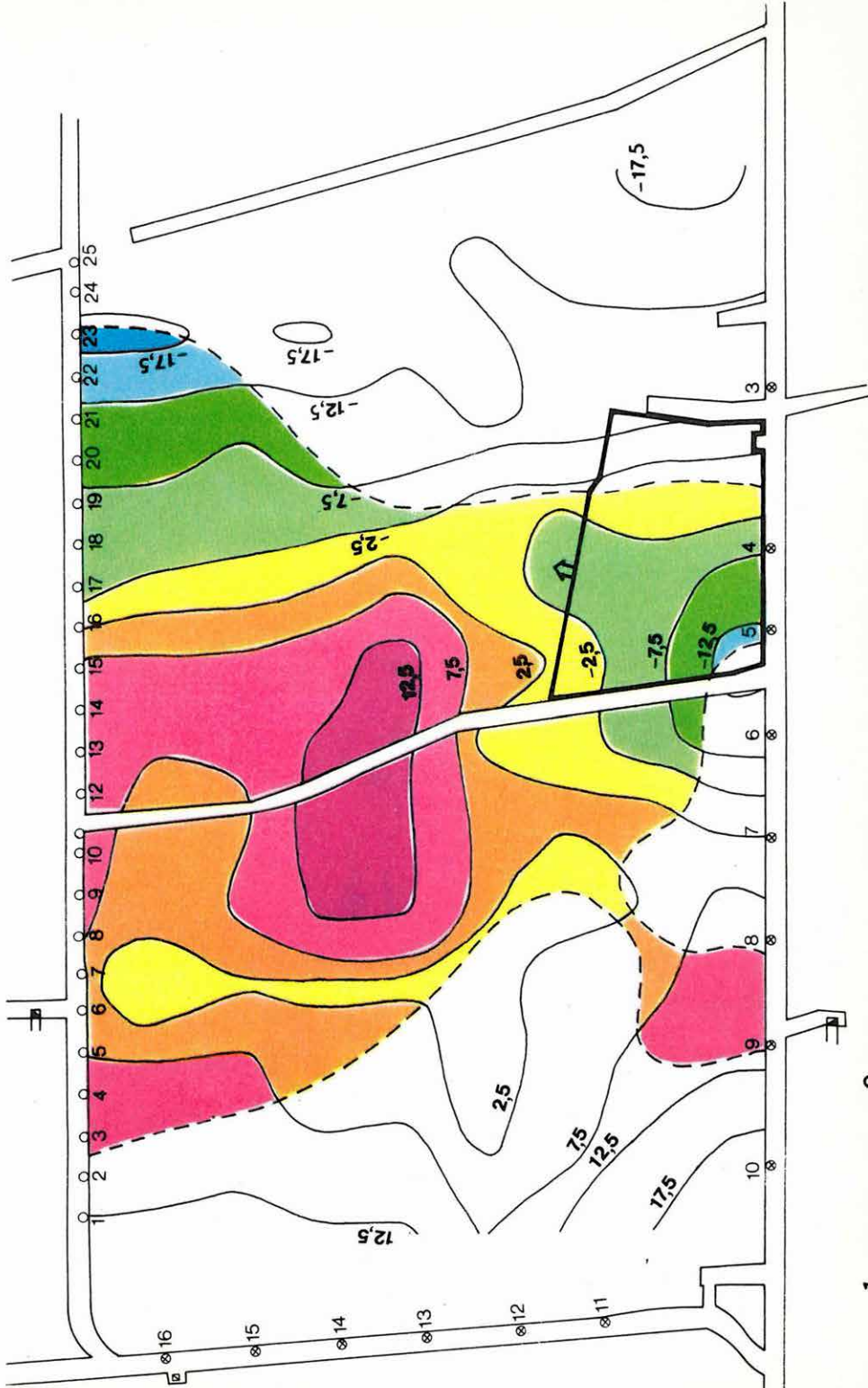
3. A szeizmikus földkéreg- és felsőköpeny vizsgálatokat az 1970-es években négy reflexiós módszerrel folytattuk.

a) *Sebességszondázás reflexiós Dix módszerrel.* A Karcag környéki és a KESZ—1 szelvénymenti eredményeket az 1979. Évi Jelentésben közöltük (45—51. oldal).

b) *Mélyreflexiós közös mélységpontos* szelvénymérést 1976-tól kezdve a fiatal üledékekben jelentkező mozgási zónát keresztező KESZ—1 vonal mentén végeztünk. Az 1978. Évi Jelentésben (55—69. oldal) már közöltük a Bihar-keresztes—Hosszúpályi térségében húzódó vonal és a terepi mérés paramétereit, a feldolgozás menetét, valamint az időszelvény déli, 196°-ig tartó szakaszát. Most a befejező északi szakaszával együtt a teljes szelvényt ismertetjük. A vonallal azt vizsgáltuk, hogy a mozgásokra utaló jelenségek a földkéreg mélyebb, és a felsőköpeny felső részén is jelentkeznek-e.

A 43. és 44. ábrákon bemutatott migrált, időben változó szűréssel, amplitúdó nagyság szerinti színezéssel készített időszelvények tetején a fiatal neogén üledékek medencealjzatát is feltüntettük. Jól látható, hogy a medencealjzat lefutásával ellenkező dőlésű a 8,4—9,2 s közötti, könnyen korrelálható Moho-diszkontinuitás.

Egy másik jellegzetes felület 16 s körül figyelhető meg. A reflexiós beérkezések nyugodt, közel vízszintes rétegződésre utalnak. A sebességszondázás alapján ezt a 16 s körüli szintet az LVL tetejeként lehet értelmezni. A közölt szelvényekből mélytörésekre lehet következtetni. A bejelölés szerint (amely egy lehetséges változat) két törésvonal a medencealjzat sülyedésével hozható kapcsolatba és feltehetően a Moho-diszkontinuitás alatt az asztenoszféra tetejéig követhető. Erre utal, hogy a Moho alatt a szelvény baloldali, D-i részén görbült határfelületek vannak. Az É-i oldalon a hullámkép kevésbé zavart. Ez arra enged következtetni, hogy az időszelvényen látható szerkezet horizontális feszültség hatására jött létre. Valószínű, hogy nyomás hatására a kéreg merev-



1. — 2. ---

42. ábra. Bányaszeizmikus „átvilágítással” meghatározott sebességmezők százalékos relatív különbségi térképe

1 — a mérések közötti időben folyt bányaművelés területe; 2 — a számítási eredmények megbízhatósági határa

Fig. 42. Percentage relative velocity deviation map determined by transmission method

1 — work-out between the two measurements; 2 — confidence limits

Рис. 42. Карта процентных относительных разностей скоростных полей, определенных при помощи сейсмического „просвечивания” в шахте

1 — площадь разработки за промежуток между измерениями, 2 — предел надежности результатов вычислений

S

N

-4,4 -2,0 0,4 2,8 5,2 7,6 10,0 12,4 14,8 17,2 19,6 22,0 24,4 26,8 km
3,0

5,0

5,0

10,0

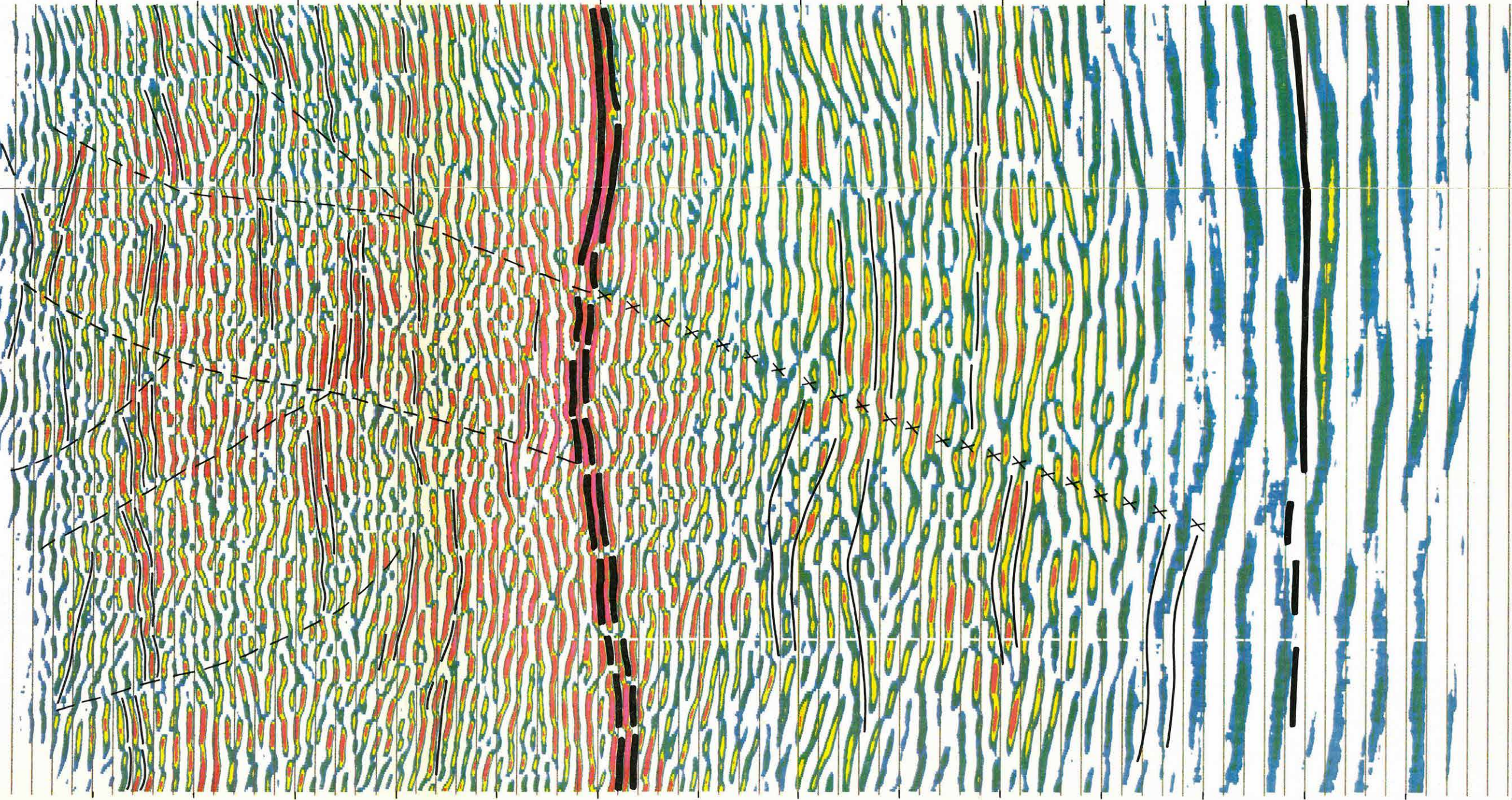
-10,0

15,0

-15,0

S

S



43. ábra. KESZ—1 földkéreg- és felsőköpenykutató szelvény migrálással és időben változó I szűréssel, amplitúdó szerinti színezéssel. A legnagyobb amplitúdót a piros, a legkisebbet a kék szín jelöli. Az egyes színsávok dinamikatartománya 12 dB. Az időben változó szűrés idő—frekvencia függvényét az 1978. Évi Jelentés 44. ábráján közöltük.

Fig. 43. KESZ—1 crust- and upper mantle exploration time section after migration and time-varying (I) filtering. Colours represent amplitudes: red=highest amplitude, blue=lowest amplitude. Amplitude steps between different colours: 12 dB (Frequency—time function of the TVF is given in Fig. 44 of Annual Report, 1978)

Рис. 43. Временной разрез для изучения земной коры и верхней мантии KESZ—1 с миграцией и меняющейся во времени фильтрацией (I) с окраской по величине амплитуд. Максимальная амплитуда показана красным цветом, минимальная — синним. Шаги амплитуд между отдельными полосами окраски составляют 12 дБ. Функция время-частота меняющейся во времени фильтрации приведена на Рис. 44 Годового отчета за 1978 г.

S

N

3.0 -4.4 -2.0 0.4 2.8 5.2 7.6 10.0 12.4 14.8 17.2 19.6 22.0 24.4 26.8 km 3.0

5.0

5.0

10.0

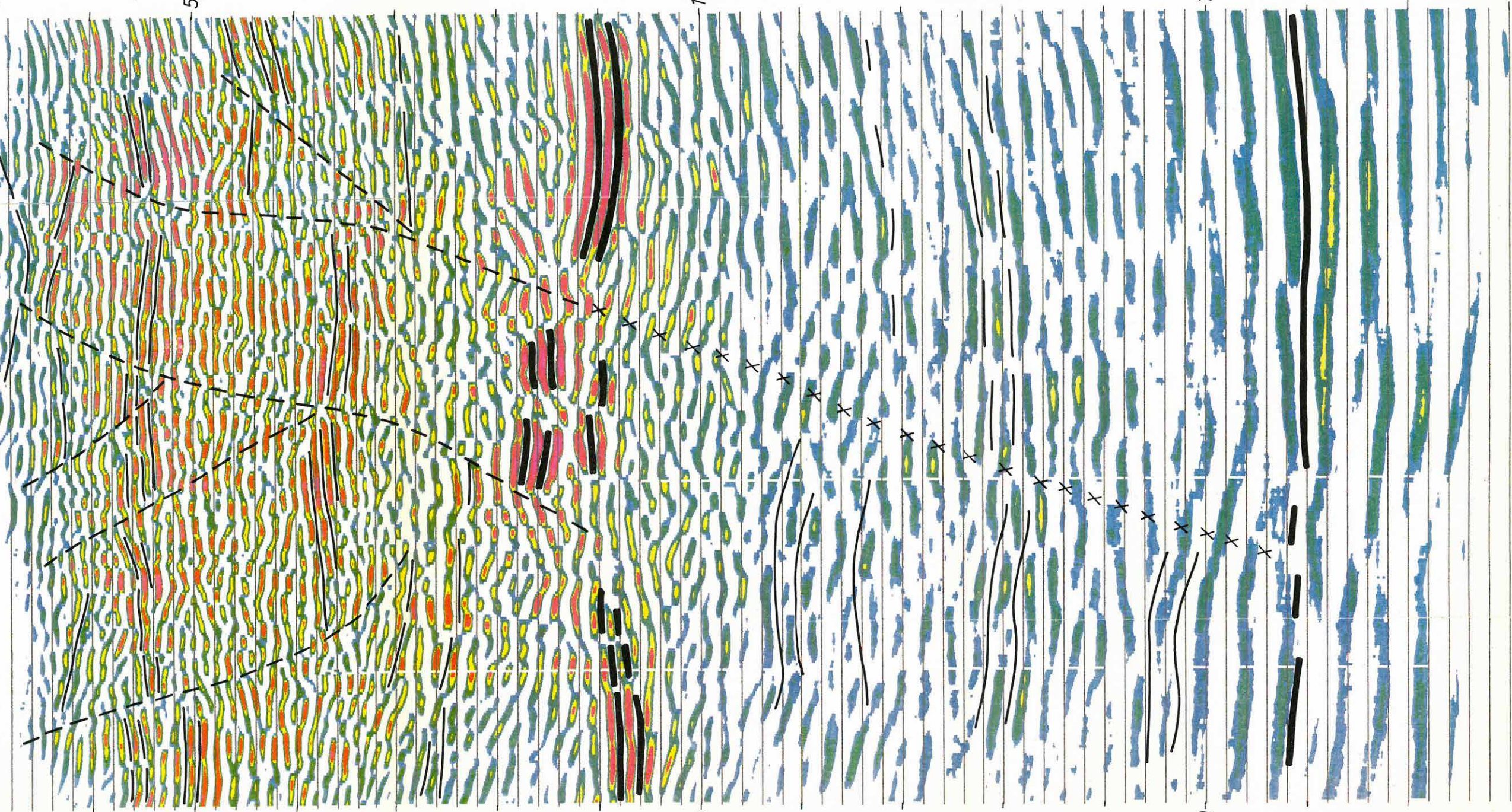
10.0

15.0

15.0

S

S



44. ábra. KESZ—1 földkéreg- és felsőköpenykutató szelvény migrálással és időben változó II szűréssel, amplitúdó szerinti színezéssel. A legnagyobb amplitúdót a piros, a legkisebbet a kék szín jelöli. Az egyes színsávok dinamikatartománya 12 dB. Az időben változó szűrés idő—frekvencia függvényét az 1978. Évi Jelentés 44. ábráján közöltük.

Fig. 44. KESZ—1 crust- and upper mantle exploration time section after migration and time varying (II) filtering. Colours represent amplitudes: red= highest amplitude, blue=lowest amplitude. Amplitude steps between different colours: 12 dB. (Frequency — time function of the TVF is given in Fig. 44 of Annual Report, 1978)

Рис. 44. Временной разрез для изучения земной коры и верхней мантии KESZ—1 с миграцией и меняющейся во времени фильтрацией (II), с окраской по величине амплитуд. Максимальная амплитуда показана красным цветом, а минимальная — синним. Шаги амплитуд между отдельными полосами окраски составляют 12 дБ. Функция время-частота меняющейся во времени фильтрации приведена на Рис. 44 Годового отчета за 1978 г.

ben, a felsőköpeny pedig képlékenyebben viselkedik, s így alakult ki — az időszelvény bal oldali részén — a felsőköpeny gyűrődéses képe felett a kéreg sugaras töréses szerkezete.

Igen érdekes, hogy az időszelvény leghatározottabb, legélesebb szintjei — a Moho-diszkontinuitás és az asztenoszféra tetejeként értelmezett szint — nem korrelálnak az általános szerkezeti képpel. A kép úgy is értelmezhető, hogy e két jelentős határfelület eltérő tulajdonságú a többi reflexiók szinttől. Az is elképzelhető, hogy az itt meghatározott helyzetük később alakult ki, mint a többié és e kettő helyzete megváltozik, ha környezetük főbb fizikai-kémiai paraméterei (hőáram, nyomás, gáztartalom) megváltoznak.

A két különböző időben változó szűrőssel készült időszelvényen a Moho-diszkontinuitás jellege jelentősen különbözik. E jelenségre, amely további vizsgálatra szorul, már az említett 1978. Évi Jelentésben is felhívtuk a figyelmet. Egyik lehetséges magyarázatát a következőkben látjuk. Korábbi hazai, és külföldi eredményekből arra lehet következtetni, hogy a Moho-diszkontinuitás környéke lamellás, vékony réteges felépítésű. Úgy véljük, hogy a lamellázódás kapcsolatban van a Moho-diszkontinuitás átalakulásával. Pl. ha a környezet fő fizikai-kémiai paraméterei tektonikus mozgások következtében megváltoznak, a kőzet elveszti stabilitását a diszkontinuitás környékén. Ha a kőzet-szerkezetben levő átalakuláshoz szükséges nagy időtartományt is figyelembe vesszük, akkor az instabil zónák belsejében a lamellás, vagy réteges szerkezet kialakulását a kéreg átrendeződésével lehet magyarázni. Az átrendeződési állapot szerint a mélységben is változó sebességű (grádiens) rétegek alakulhattak ki, melyek térben és időben változhatnak. Ilyen feltételek esetén az instabil zóna képeinek változását különböző sávszűrések alkalmazása esetén a lamellákról származó reflexiók interferenciájaként lehet értelmezni.

c) *Szélesszögű reflexiók harántszelvényezés.* A robbantás ill. az észlelés két megfelelő távolságú párhuzamos vonalon történik, így a kritikus szög közelében visszaverődő hullámokat regisztrálunk a Moho-diszkontinuitásról.

A Dunántúli-középhegységben kéregkutatásra a felszíni nehézségek miatt ezt az eljárást alkalmaztuk. Előnye, hogy nem kell magán a hegységen keresztül fektetni az észlelési és robbantási vonalat, azok kedvezőbb domborzati és felszíni viszonyú területen haladhatnak. Három robbantóponton (412^{50} , 598^{50} , 934^{00}) ellenőrző hosszirányú mérést is végeztünk, elsősorban sebességmeghatározás céljára.

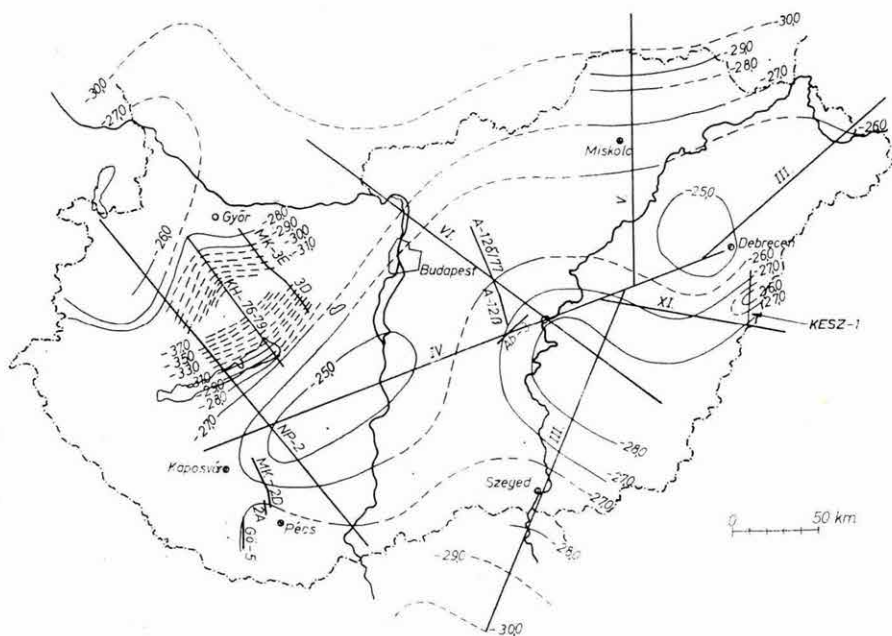
A terepi paraméterek a következők voltak: A két szelvény közti távolság 60 km, az észlelési vonalon a csatornák távolsága 200 m, a töltetnagyság 300 kg. A szelvények menti domborzati hatásból, valamint a triász medencét kitöltő üledékvastagság változásból eredő korrekciószámítást, mint statikus korrekciómeghatározást tekintettük. Ugyancsak meghatároztuk az eltérő hullámutakból eredő dinamikus korrekcióhatást. A korrekciók után 1-szeres időszelvényt kaptunk a középvonalra vonatkozóan.

d) *Mélyreflexiók megfigyelése egyéb célú közös mélységpontos reflexiók kutatás során.* A regisztrálási idő 10 s-ig való megnövelésével a kéreg mélyebb szakaszaiból és a Moho-diszkontinuitásról jövő reflexiókat sikerült regisztrálnunk.

A terepi paraméterek az adott kutatási feladathoz alkalmazkodnak. Így kapott anyagokat ismertettünk az 1977. Évi Jelentésünk 34—41. oldalán és az 1978. Évi Jelentésünk 31—35. oldalán.

Az összes reflexiós- és refrakciós mérés során kapott adatok felhasználásával pontosítottuk a magyarországi Moho-mélységtérképet (45. ábra). A térkép a Dunántúli-középhegység területén négy vonal alapján több részletet tartalmaz, mint Magyarország más részén. Az eredmények alapján a legvastagabb kéregrész az ÉNy-i Bakony alatt tételezhető fel.

4. 1980-ban befejeztük az ELGI—VEB Geophysik Leipzig kooperációban folytatott, **mikrogéppel vezérelt szeizmikus berendezés** alapkiépítésének fejlesztési munkáit és megépült a berendezés prototípus szintű példánya. A 46. ábrán bemutatott blokkvázlat tükrözi azt a fejlesztési koncepciót, amely — követve a korszerű műszerépítési elveket — megteremti a moduláris bővítés lehetőségét. A berendezés 48 csatornás alapkiépítése robbantásos rezgéskeltés mellett 2 és



45. ábra. A Mohorovičić-diszkontinuitás mélységtérképe

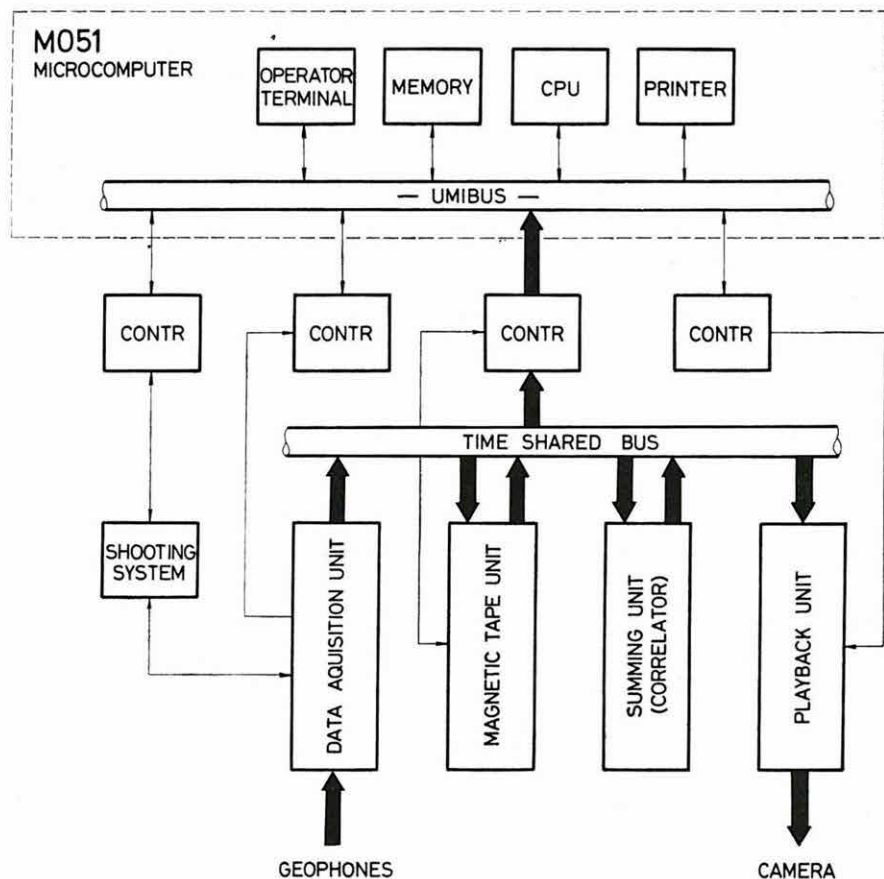
Fig. 45. Contour map of Mohorovičić discontinuity

Рис. 45. Карта глубины залегания поверхности Мохоровичича

4 ms-os mintavételezésű, de 24 felvevő csatorna esetén a mintavételezés kiterjeszthető 1 ms-ra is.

Az időosztásos összegező egység, amely később terepi korrelátorral egészíthető ki, lehetővé teszi a berendezés használatát a dinoseis ill. vibroseis felszíni rezgéskeltőkkel végzett szeizmikus kutatásra.

Az analóg erősítők, multiplexerből, digitális erősítésszabályozóból, A/D konverterből és terepi visszajátszókból kialakított ún. szeizmikus adatgyűjtő rendszer megfelelő illesztéssel ellátva összekapcsolható az MO51 mikroszámítógépen kívül R—10 ill. R—11 miniszámítógépekkel is és ebben az esetben a



46. ábra. SD-20 mikrogéppel vezérelt szeizmikus berendezés blokkvázlata
Fig. 46. Schematic sketch of SD-20 microcomputer-controlled seismic equipment

Рис. 46. Блок-схема сейсморазведочной аппаратуры, управляемой микро-ЭВМ типа SD-20

Videoton—ELGI együttműködés keretében gyártott tengerkutató szeizmikus rendszerek az adatgyűjtés funkcióját is elvégzik az egyidejű számítógépes előfeldolgozás mellett. Egy óceánkutató hajóra telepített számítógépes rendszer részeként az ELGI 1980-ban elkészítette az SDA—1 típusú adatgyűjtő első gyártmányszintű példányát is. Az SD—20 típusú berendezés alapkiépítésének prototípusa 1981-től rendszeres terepi munkában vesz részt.

5. Az OMFB—GKNT közötti kisműködési együttműködési egyezmény keretében az OMFB segítségével **oceanológiai kutatóhajók többprocesszoros számítástechnikai rendszerét** fejlesztettük ki 1976—79 között a VIDEOTON R—10 számítógépére alapozva. A rendszer célja: oceanológiai kutatóhajók fedélzeti automatikus adatgyűjtő-feldolgozó feladatainak ellátása. A számítógépes komplexumnak biztosítani kell a kísérleti adatok betáplálását, feldolgozását (real-time előfeldolgozást), tárolását, megjelenítését, a mérőeszközök munkájának vezérlését. A hajókat kifejezetten hosszú (5—12 hónapos), kikötés nélküli utakra tervezik, ezért a rendszerek megbízhatóságának (és a tartalék egységek számának) a szokásos felhasználók eseténél nagyobbaknak kell lennie.

A teljes rendszer három nagyobb — egymással kapcsolatban levő — kvázi rázásálló processzorból és azok perifériáiból áll (lásd a 47. ábra blokksémáját). Az I. processzor fő feladata geofizikai (elsősorban szeizmikus) és egyes nagy feldolgozási igényű hidrofizikai jellemzők (pl. turbulencia) mérése, adatainak rögzítése és real-time előfeldolgozása. A II. processzor nagy számú (több száz) hidrofizikai érzékelő adatainak tárolását, feldolgozását, megjelenítését végzi. A III. processzor navigációs célokra szolgál és vezérli a többi mérőkomplexumot.

47. ábra. Oceanológiai kutatóhajókra telepíthető többprocesszoros adatgyűjtő és feldolgozó rendszer —→

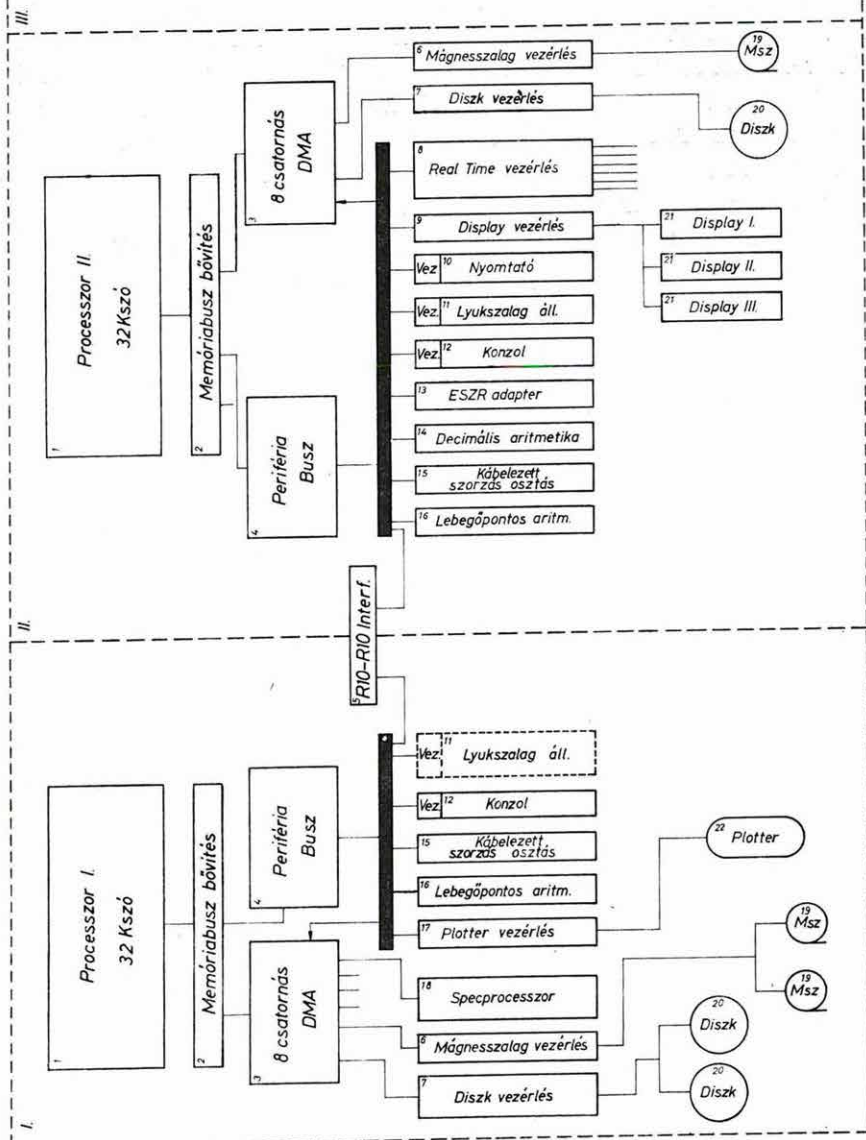
Fig. 47. On-board multiprocessor oceanographic data-acquisition and processing system

1 — processor, 32 k words; 2 — memory bus extension; 3 — 8-channel DMA; 4 — peripheral bus; 5 — R-10/R-10 interface; 6 — magnetic tape control; 7 — disc control; 8 — real-time control; 9 — display control; 10 — line-printer control; 11 — punched-tape station + control; 12 — console + control; 13 — ESR adapter; 14 — decimal arithmetics; 15 — hardware multiplication/division; 16 — floating point arithmetics; 17 — plotter control; 18 — special processor; 19 — magnetic tape drive; 20 — disc; 21 — display; 22 — plotter; 23 — navigation

Рис. 47. Многопроцессорная аппаратура для сбора и обработки данных, устанавливаемая на океанологических исследовательских судах

1 — процессор, 32 к слова; 2 — расширение запоминающего устройства; 3 — 8-канальный DMA (непосредственный доступ к памяти); 4 — устройство сопряжения с периферийными устройствами; 5 — интерфейс ЕС-10/ЕС-10; 6 — управление магнитной лентой; 7 — управление диском; 8 — управление режимом реального масштаба времени; 9 — управление дисплеем; 10 — печатающее устройство с управлением; 11 — перфоратор лент с управлением; 12 — консоль с управлением; 13 — приставка для ЭВМ ЕС; 14 — десятичная арифметика; 15 — умножение-деление, проволочные схемы; 16 — арифметика с плавающей запятой; 17 — управление плоттером; 18 — специализированный процессор; 19 — магнитная лента; 20 — диск; 21 — устройство для представления данных; 22 — плоттер; 23 — навигация

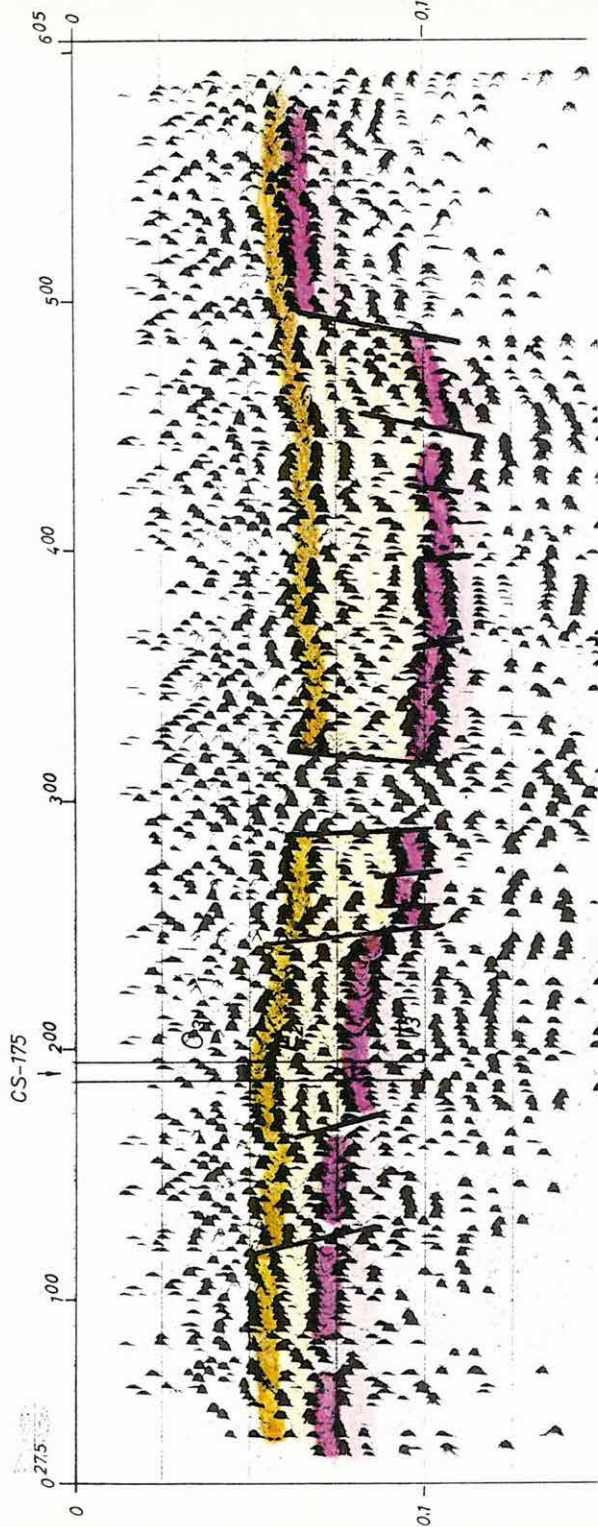
Navigáció




Első — nem teljes konfigurációjú — rendszerünket 1978-ban szállítottuk be tanulási célra, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának.

6. A **sekélyreflexiós szeizmikus kutatásban** új lehetőségeket nyitott az ESS—01—24 berendezés, amelyet a KGST INTERGEOTECHNIKA együttműködés keretében fejlesztettünk ki. A műszerrel 1980-ban több területen folytattunk kísérleteket. A 48. ábrán látható időszelvényt bauxitkutatási területen (Csordakút közelében) mértük. A mérések során az energiakeltés kézzel fűrt sekély lyukakban, 5 db gyutaccsal történt. A szeizmométer bázisköz és a geofoncsoport hossza 5 m volt, 40 Hz-es vertikális geofonokat használtunk. A szelvény háromszoros fedéssel, középlövéses észlelési rendszerrel, 0,5 ms mintavételezési idővel készült. Az alulvágó szűrő áteresztő frekvenciája 72 Hz, meredeksége 24 dB/oktáv. A dinamikus korrekciót 2000 m/s állandó sebességgel számítottuk. A feldolgozás során 100—200 Hz-es sávszűrést használtunk.

A kísérlet biztató. Az időszelvényben már 50 ms-nál láthatók az első korrelálható reflexiók (eocén felszín sárgásbarnával jelölve). A triász felszínről származó reflexiók (lila színnel jelölve) jó energiájúak és ez lehetővé teszi kis mélységben is a bauxitfekü tektonizáltságának kutatását.





48. ábra. Csur—1/80 bauxitkutató sekélyreflexiós időszelvény Csordakút környékéről
Szűrés: 100—200 Hz

Fig. 48. Shallow-reflection bauxite exploration time section Csur—1/80 (Csordakút region). Band-pass filter: 100—200 Hz

Рис. 48. Временной разрез (Csur — 1/80, полученный в результате изучения мелких горизонтов по МОВ для разведки боксита в районе с. Чордакут
Фильтрация: 100—200 Гц

2.2.1 Elektromágneses módszerfejlesztés

*Induktív gerjesztésű multifrekvenciás elektromágneses módszerfejlesztés**

A hazai szilárdásványok — ezen belül elsősorban a bauxit — kutatása olyan geofizikai módszer bevezetését tette szükségessé, amelynek a következő követelményeket kell kielégítenie:

- felbontóképessége megfelel a bauxittöbrök kritikus méreteinek (vízszintes kiterjedés 50—250 m, vastagság 10—30 m);
- képes a nagyellenállású árnyékoló fedőösszlet (pl. eocén mészkő) alól információt adni az ásványi nyersanyagról;
- 300 méteres kutatási mélységig pontos adatokat szolgáltat;
- a fúrás telepítés igényének megfelelően a mérések tervezése, kivitelezése és feldolgozása 2—3 hét alatt elvégezhető;
- kiegészítő jellegű a többszörös fedésű reflexiós mérésekhez képest (eltérő fizikai paramétert mér, független mélységmeghatározást ad, mások a mérések kivitelezését korlátozó körülmények, kisebb a költségigény, stb.).

A felsorolt követelmények egyidejű kielégítését egy hatékony elektromágneses módszer kifejlesztésétől vártuk. A kitűzött feladatoknak megfelelő elméleti, programfejlesztési munkák 1976-ban, a külföldi együttműködés 1977-ben kezdődött. A fejlesztés első fázisát a terv szerint 1980-ban eredményesen lezártuk.

A kitűzött feladatok megvalósítása során, 1977-ben megvásároltuk a Scintrex Ltd. SE—77 típusú multifrekvenciás elektromágneses térképező műszerét. Az ehhez kapcsolódó saját fejlesztésről az 1979. Évi Jelentésben számoltunk be.

A multifrekvenciás elektromágneses szondázások (MFS) műszeres hátterét a Geoprobe Ltd-től 1979-ben beszerzett MAXI-PROBE EMR—16 típusú berendezés adja. Külföldi kutatóintézetekkel és hazai egyetemi tanszékekkel

* Farkas I., Kardeván P., Rezessy G., Szabadváry L.

együttműködve megoldottuk az elektromágneses térjellemzők számítását horizontálisan rétegzett modell esetre mágneses dipolgerjesztésnél. Ezzel lehetőség nyílt a módszer felbontóképességének elemzésére és különböző feldolgozó eljárások összevetésére. Az MFS mérések rutinszerű feldolgozását a Geoprobe Ltd-től beszerzett know-how alapján, a HP 9845S típusú, terepjáró gépkocsiba épített asztali számítógépre alapozzuk.

A MAXI-PROBE berendezéssel 128 diszkrét frekvencián, az 1 Hz—58 000 Hz frekvencia tartományban mérhetünk. Az adó-vevő távolság 80—700 m között rögzíthető. Ez — jelenleg — 30—300 m mélységű behatolást tesz lehetővé. A műszer fényképei (49. ábra) az adó- és vevő berendezést mutatják, valamint a berendezés szállítását kanadai hegyvidéki terepen.

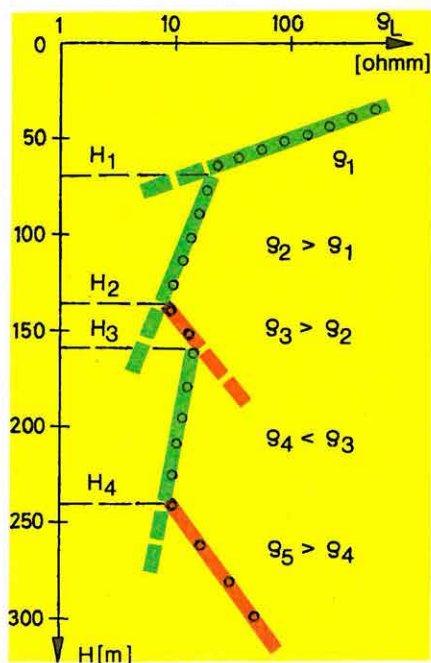
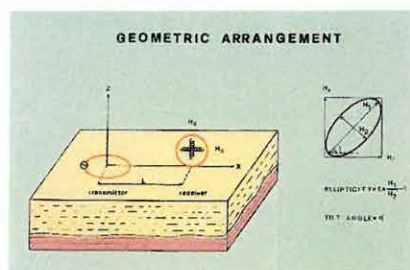
A feldolgozó eljárás lényege, hogy a terepen mért EM térjellemző frekvenciagörbét alkalmas transzformációval látszólagos ellenállás — valódi mélység-görbévé alakítjuk. Ez a görbe egymással szöget bezáró egyenes szakaszokból álló, jellegzetes cikk-cakkos lefutású. A töréspontok geoelektromos réteghatárt jelölnek (49. ábra). A felette levő görbeszakaszhoz képest balra törő szakasz csökkenő ellenállású réteget jelöl, a jobbra törő szakasz pedig nagyobb ellenállású réteget. E görbékéből számítógéppel rajzolt, tetszőleges pontokon átmenő, tetszőleges léptékű mélységszelvény készül, amely a földtani értelmezés alapjául szolgál.

A tervezéssel kezdődő munkafolyamat átlagos körülmények esetén 40 szondázási görbe teljesítménnyel 2 hét alatt elvégezhető.

Az MFS mérések felbontóképességét alapos teszt sorozattal ellenőriztük. A 50/a ábrán az elektromágneses mérési eredményt egy zsámbéki barnakőszénkutató fúrás rétegsorával és karotázs ellenállás-szelvényével hasonlítottuk össze. A szondázás vonatkoztatási pontja a fúrásra esett. A választott adó-vevő távolság következtében a fókuszban álló mélységtartomány 50 m-től 200 m-ig terjed. Ebben a tartományban a szondázás és karotázs adatok eltérései nem haladták meg a 4 m-t. Az eocén széntelepes összlet 365 m mélységben települ, ezt 14 m eltéréssel jelzi a szondázás.

Az MFS mérések segítségével sikerült 7 réteget elkülönítenünk, a határfelületek mélységét $\pm 3\%$ átlagos hibával határoztuk meg. Bemutatunk egy bauxitoszlopi bauxitlencsén végzett teszt mérést is, a vertikális felbontóképesség vizsgálatára (50/b ábra). A frekvencia-szondázásokat 4 különböző adó-vevő távolsággal végeztük el úgy, hogy a vonatkoztatási pont mindig ugyanarra a fúrásra esett. A 200 m mélységben harántolt, 20—50 m vastagságú bauxitot mind a négy szondázás egyértelműen jelezte. Három határfelület volt meghatározható: a bauxit fekvő (ami azonos a dolomit felszínnel), a bauxit felső határa és a fedő mészkő felső határa. Az egymástól független négy szondázás mélységadatainak szórása nem volt nagyobb 6 m-nél, a fúráshoz viszonyított mélységeltérés is hasonló.

Az előzetes és részletes kutatási fázisban a méréseket általában vonal mentén



49. ábra. A MAXI—PROBE EMR—16 berendezés

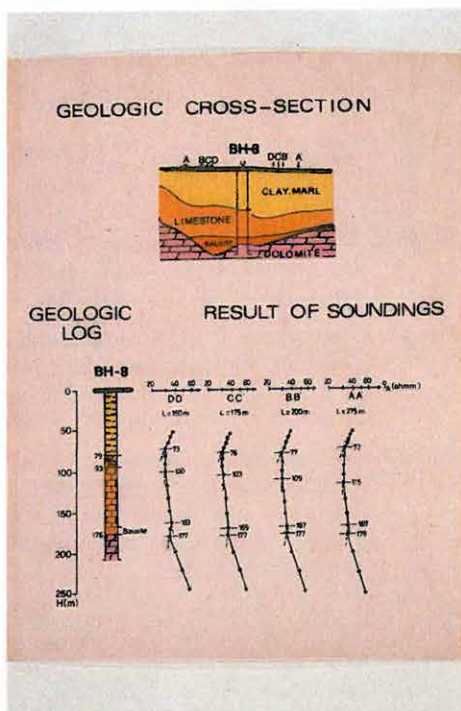
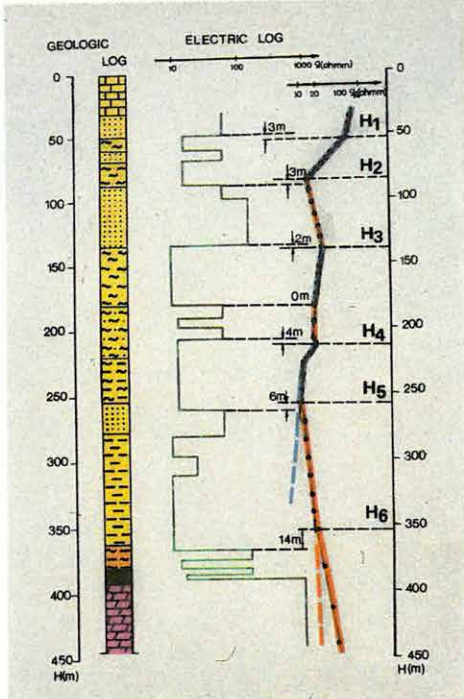
- a) mérőegység
- b) tápegység
- c) mérési elrendezés
- d) mérés Kanadában
- e) mérési görbe sémája

Fig. 49. MAXI—PROBE EMR—16 equipment

- a) receiver
- b) transmitter
- c) field arrangement
- d) measurement in Canada
- e) schematic measured curve

Рис. 49. Аппаратура MAXI PROBE EMR—16

- a — измерительное устройство
- b — источник питания
- c — измерительная установка
- d — работа в Канаде
- e — схема кривой измерения

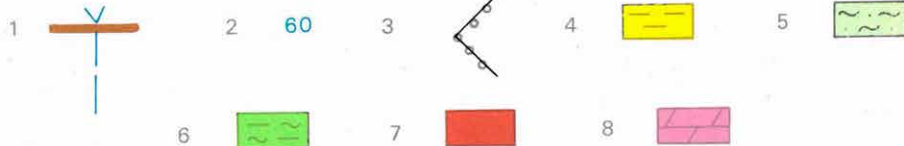
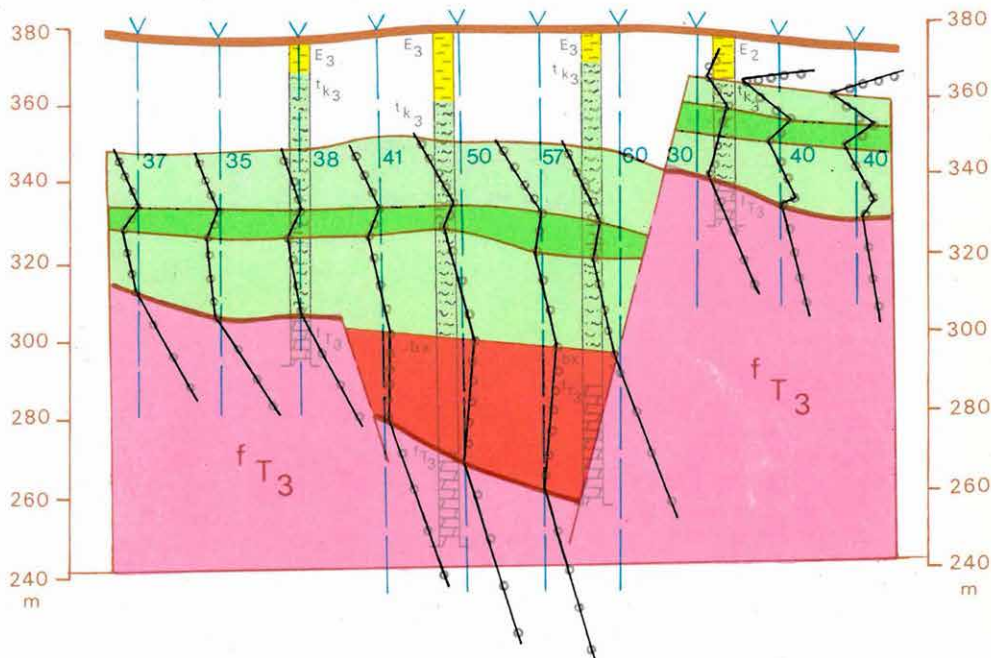


50. ábra. MFS mérés és szénkutató fúrás adatainak összehasonlítása (Zsámbék) és változó adó-vevő távolságú MFS mérések egy bakonyoszlopi bauxitlencse felett a vertikális felbontóképesség vizsgálatára

Fig. 50. Comparison of MFS results with data of a coal-exploratory bore hole (Zsámbék region); and MFS measurements with different transmitter — receiver distances over a bauxite lens (in Bakonyoszlop), to test the vertical resolution power

Рис. 50. Сопоставление данных ЧЗ и скважины, бурящейся на уголь (с. Жамбек), и измерения ЧЗ с переменным расстоянием между датчиком и приемником над бокситовой линзой ок. с. Баконь-ослоп для изучения разрешающей способности по вертикали.

0 20 40 m



51. ábra. Szelvény mentén végzett MFS mérések egy iharkúti preformált árkokban települt bauxitlencsén

1 — az MFS mérések helye és vonatkoztatási tengelye; 2 — a vonatkoztatási tengelyhez tartozó látszólagos ellenállás; 3 — látszólagos ellenállás — valódi mélység görbe; 4 — eocén agyag; 5 — felső kréta homokos márga; 6 — felső kréta agyagos márga; 7 — bauxit; 8 — triász földolomit

Fig. 51. MFS profiling over a bauxite lens deposited in a preformed trench (Iharkút)

1 — location of MFS measurements and their reference axis; 2 — apparent resistivity corresponding to the reference axis; 3 — apparent resistivity — real depth curve; 4 — Eocene shale; 5 — upper Cretaceous sandy marl; 6 — upper Cretaceous clayey marl; 7 — bauxite; 8 — Triassic dolomite

Рис. 51. Профилирование по ЧЗ над бокситовой линзой, залегающей в тектоническом грабене около с. Ихаркут

1 — место измерений ЧЗ и ось относимости, 2 — кажущееся сопротивление, относящееся к оси относимости, 3 — кривая зависимости кажущегося сопротивления от истинной глубины, 4 — эоценовая глина, 5 — песочный мергель верхнего мела, 6 — глинистый мергель верхнего мела, 7 — боксит, 8 — основной доломит триаса

végeztük. Az eljárás barnakőszénkutatói alkalmazására az 1. fejezetben, az 5. ábra alsó szelvényén mutattunk példát. Az MFS mérések alapján a Mátyás-telep területén 1980-ban 5 fúrást tűztünk ki. A telepített szénkutató fúrások a mérések alapján várt földtani modellt — a szénmező határát, a kimutatott vetőt — minden esetben igazolták. Az átlagos mélységhiba kisebb, mint 5%.

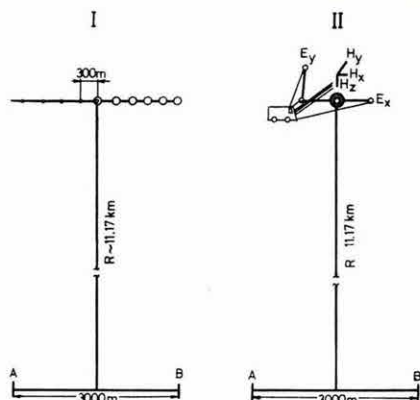
Az 51. ábrán egy Itharkút környéki bauxitlencsén (Németbánya II. számú lencse), dőlésirányban telepített szelvény mentén végzett MFS mérések eredményét mutatjuk be. A geoelektromos szelvény megszerkesztésének alapja a szomszédos görbék közötti korreláció (a töréspontokat minden esetben a függőleges tengelyre kell vetíteni), de földtani információt hordoz a vonatkoztatási tengely látszólagos ellenállásértéke is. A mérések a felső 30 méterről nem adnak információt, ezért az eocén—kréta határ nem követhető. A kréta terasztrikumon belül jól elkülöníthető három réteg, ezzel lehetőség van a dőlésviszonyok kréta időszakon belüli pontos meghatározására is. A szelvényen kimutatható volt egy preformált tektonikai árok, bauxittal kitöltve. Az ezt határoló baloldali vető idős; a kréta összletben nincs nyoma. A jobboldali vető fiatalkorú, a kréta összletet is elvetette. A jól nyomozható triász felszínben ez a vető közelítően olyan elvetési magasságú, mint a kréta összletben a kis ellenállású réteg „ugró” magassága.

A németbányai szelvény bizonyítja az eljárás érzéketlenségét az oldalirányú hatásokkal szemben. Ennek a döntő szempontnak fizikai magyarázata, hogy a vertikális elektromos szondázáshoz képest az MFS méréseknél 6—10-szer kisebb terítési távolságot és vertikális mágneses dipólgerjesztést alkalmazunk. A mérésekkel sikerült mélységhelyesen azonosítani a 120 méteres mélységben települő bauxit alsó és felső határát. A bauxittest oldalirányú kiterjedése mindössze 50 m.

*Konduktív gerjesztésű nagymélységű mesterséges frekvenciaszondázások**

1978-ban kezdődtek el a digitális mérés technikán alapuló nagymélységű mesterséges frekvenciaszondázások (MFS) módszertani kutatásai. Az évek során kialakult a terepi mérés technika és a hozzá kapcsolódó feldolgozási eljárás. Méréseinket ERSz—67 generátorállomással és DEF—1 típusú digitális, ötcsatornás mérőberendezéssel 0,02—20 Hz frekvenciatartományban, 21 diszkrét frekvencián végeztük. Kétféle mérési elrendezést alkalmaztunk (52. ábra): vagy csak az adódipóllal párhuzamos elektromos komponenst regisztráltuk mind az öt csatornán, vagy a teljes elektromágneses teret mértük. A választott mérési elrendezéseknél a jel és a természetes tér aránya — a jel/zaj viszony — általában 1-nél jóval nagyobb (53. ábra), amelyet tovább növelünk a jelalak ismer-

* Csörgei J.



52. ábra. Nagymélységű MFS mérések telepítésének vázlata

I — elektromos MFS mérés (E_x); II — ötkomponens MFS mérés

Fig. 52. Field arrangement of deep penetration MFS measurements

I — electric MFS measurement (E_x); II — five component MFS measurement

Рис. 52. Схема проведения наблюдений по методу многочастотного зондирования

I — электрическое ЧЗ (E_x); II — пятикомпонентное ЧЗ

53. ábra. A különböző komponensek átlagos jel/zaj viszonya az A—12/85.5-ös mérésponton

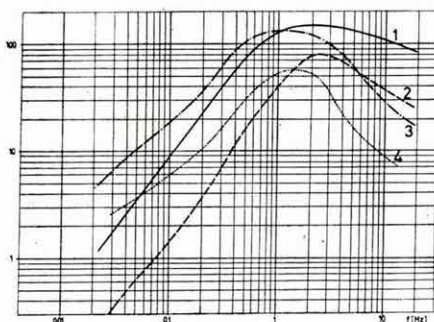
1 — H_x ; 2 — H_y ; 3 — E_y ; 4 — E_x ;

Fig. 53. Average S/N ratio of different components for location A—12/8.5

1 — H_x ; 2 — H_y ; 3 — E_y ; 4 — E_x

Рис. 53. Среднее отношение сигнал/шум при измерении различных составляющих в пункте наблюдений А-12/8.5

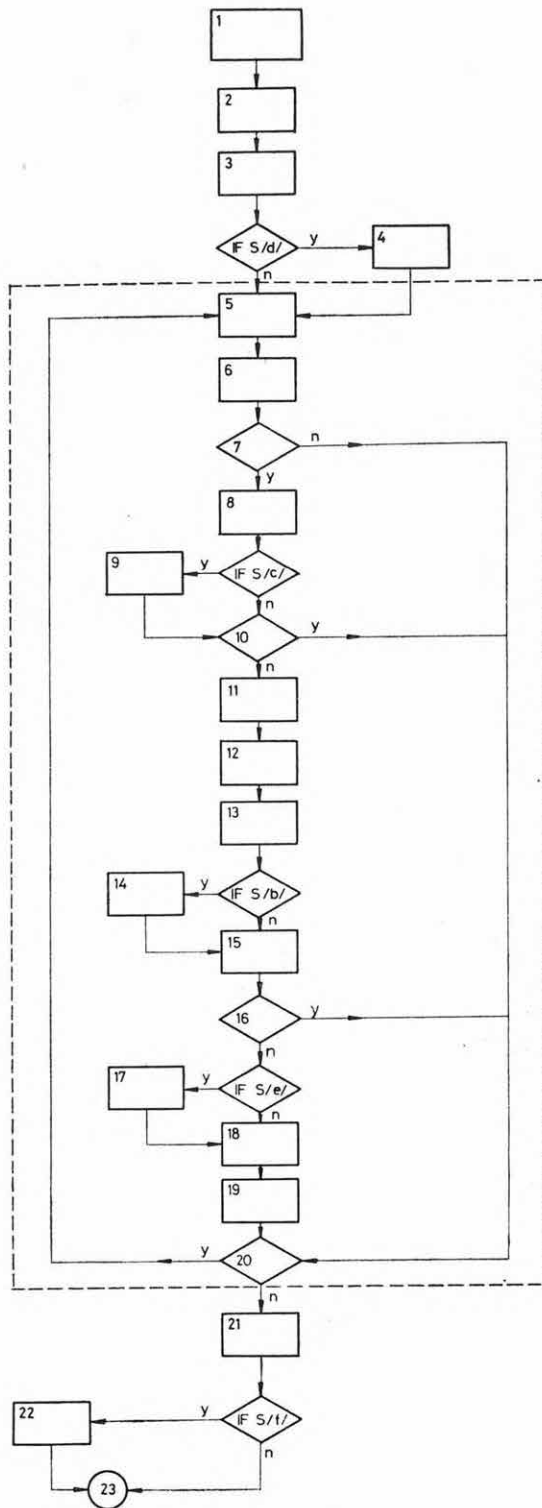
1 — H_x ; 2 — H_y ; 3 — E_y ; 4 — E_x



retében a többszörös (30—50-szeres) összegzéssel. Ez lehetővé teszi a nagymélységű MFS görbék igen pontos meghatározását.

A terepi felvételekből nagy számítógép (IBM 370/145 és R—35) segítségével kapjuk meg a mesterséges frekvenciaszondázási görbéket. A számítógépes program (blokkdiagramja az 54. ábrán látható) mindkét elrendezés feldolgozására alkalmas. A különböző elektromágneses komponensekből kapott szondázási görbéket a magnetotellurikus szondázási görbékkel hasonlíthatjuk össze (55. ábra). Jól látható a különböző MFS görbék sajátos viselkedése az alacsony frekvenciás tartományban, amely az elmélettel jól egyezik.

A mérések viszonylagos gyorsasága az MT vagy egyenáramú mérésekkel szemben akkor jut érvényre, amikor részletező szerkezetkutatást végzünk.



54. ábra. Nagymélységű, ötcsatornás MFS mérések feldolgozó programja

1 — logikai kapcsolók (S): a. elektromos vagy ötcsatornás; b. csatorna-csere; c. bemeneti adattömb nyomtatása; d. lemezlista nyomtatása; e. szűrt értékek nyomtatása; f. polinom együtthatók nyomtatása 2 — vezérlési adatok beolvasása; 3 — geometriai koeficiensok számítása; 4 — lemezlista nyomtatása

Tömbönkénti feldolgozás: 5 — ϱ (I), φ (I)=0; 6 — tömbönkénti adatok beolvasása; 7 — a tömb megtalálható a lemezen? 8 — mérési adatok beolvasása; 9 — bemeneti adattömb nyomatása; 10 — pulzációk száma kisebb, mint 10? 11 — időtartománybeli konvolúciós szűrő együtthatóinak számítása; 12 — a szűrés elvégzése; 13 — az érzékenységszorzók figyelembevétele, fáziskorrekciók; 14 — csatornacseré; 15 — az M. monitor csatorna amplitúdói szerinti válogatás; 16 — a kiválasztott pulzációk száma kisebb mint 5? 17 — amplitúdók és fázisok pulzációnkénti nyomatása; 18 — amplitúdók és fázisok átlagának és szórásának számítása; 19 — ϱ (I), φ (I) számítása (elektromos esetben 15, ötcsatornás esetben 7); 20 — van még feldolgozandó tömb? 21 — ϱ és φ görbék nyomatása; 22 — a $\log \varrho$ ($\log T$) és a $\log \varphi$ ($\log h$) polinomok együtthatóinak nyomatása; 23 — STOP

Fig. 54. Processing program package for deep penetration five-channel MFS measurements

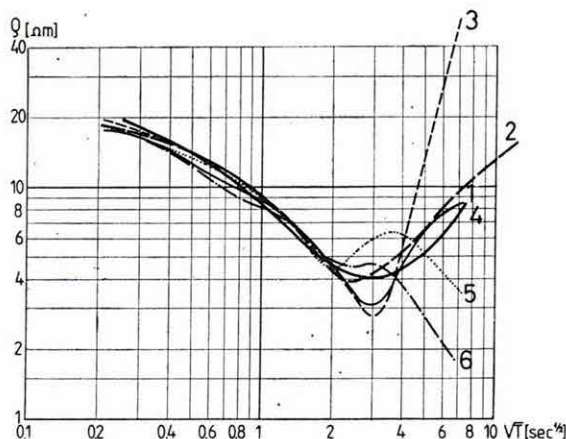
1 — logical flags (S): a. electric or five-channel; b. channel interchange; c. input data printout; d. listing from the disc; e. printout of filtered data; f. printout of the polynomial coefficients; 2 — read control data; 3 — computation of geometric coefficients; 4 — listing from the disc;

Processing in blocks: 5 — $\varrho(I)$, $\varphi(I)=0$; 6 — reading of data in blocks; 7 — block on the disc? 8 — read measurement data; 9 — printout of input data; 10 — number of pulsations less than 10? 11 — computation of the coefficients of the time-domain convolution filter; 12 — filtering; 13 — gain control, phase corrections; 14 — channel interchange; 15 — sorting with respect to amplitudes of monitor channel M; 16 — number of selected pulsations less than 5? 17 — printout of amplitudes and phases for each pulsation; 18 — computation of the mean and SD of the amplitudes and phases; 19 — computation of $\varrho(I)$ and $\varphi(I)$ (in the electric case 15, in the 5-channel case 7); 20 — any further blocks to be processed? 21 — printout of the ϱ and φ curves; 22 — printout of the coefficients of polynomials $\log \varrho(\log T)$ and $\log \varphi(\log h)$; 23 — STOP

Рис. 54. Программа для обработки данных пятиканальных глубинных ЧЗ

1 — логические переключатели (S); а — электрич. или пятиканальн.; б — смена каналов; с — печатание блока входных данных; д — печатание листа данных; е — печатание профильтрованных величин; ф — печатание полиноминых коэффициентов; 2 — ввод данных управления; 3 — вычисление геометрических коэффициентов; 4 — печатание листа данных;

Поблочная обработка: 5 — $\varrho(I)$, $\varphi(I)$ =0; 6 — ввод данных по блокам; 7 — находится-ли блок на диске? 8 — ввод данных наблюдений; 9 — печатание блока входных данных; 10 — число пульсаций меньше чем 10? 11 — вычисление фильтрационных коэффициентов конволюции по диапазону времени; 12 — выполнение фильтрации; 13 — учет множителей чувствительности, фазовые поправки; 14 — смена каналов; 15 — селекция по амплитудам канала монитора М; 16 — число выбранных пульсаций меньше чем 5? 17 — печатание амплитуд и фаз по пульсациям; 18 — вычисление средней величины и среднеквадратичных отклонений амплитуд и фаз; 19 — вычисление $\varrho(I)$, $\varphi(I)$ (при записи электрической составляющей — 15, при пятиканальных измерениях — 7); 20 — есть-ли еще обрабатываемый блок? 21 — печатание кривых ϱ и φ ; 22 — печатание коэффициентов полиномов $\log \varrho$ ($\log T$) и $\log \varphi$ ($\log h$); 23 — СТОП



55. ábra. Az MFS és MTS görbék összehasonlítása az MT-IV/79 jelű ponton
 MTS: 1— ϱ_{xy} ; 2— ϱ_{yx} ;
 MFS: 3— ϱ_{E_x/H_y} ; 4— ϱ_{E_x} ; 5— ϱ_{H_z} ; 6— ϱ_{E_y/H_x}

Fig. 55. Comparison of MFS and MTS curves for point MT-IV/79

MTS: 1— ϱ_{xy} ; 2— ϱ_{yx} ;
 MFS: 3— ϱ_{E_x/H_y} ; 4— ϱ_{E_x} ; 5— ϱ_{H_z} ; 6— ϱ_{E_y/H_x}

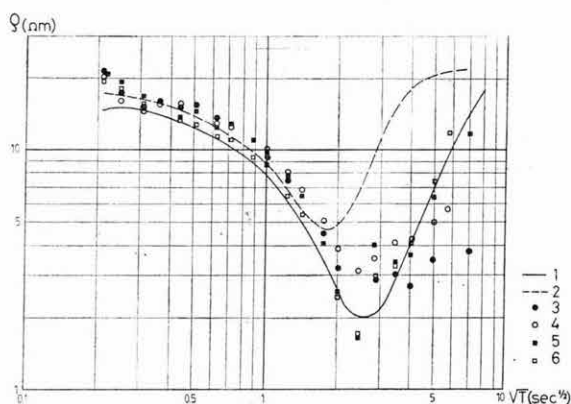
Рис. 55. Сопоставление кривых ЧЗ и МТЗ в пункте MT-IV/79

MTЗ: 1— ϱ_{xy} ; 2— ϱ_{yx} ;
 ЧЗ: 3— ϱ_{E_x/H_y} ; 4— ϱ_{E_x} ; 5— ϱ_{H_z} ; 6— ϱ_{E_y/H_x}

Az értelmezés során kétféle módon járhatunk el. A szelvényben ábrázolt különböző paraméterű mérésekből kapott görbéket, differenciális görbéket vagy azok jellegzetes pontjait értelmezzük. Ez csak akkor ad helyes információt, ha a mért görbék elegendően pontosak és csekély különbségnek is földtani információt tulajdoníthatunk. A másik lehetséges változat a görbék elméleti görbeseregekkel, vagy más kvantitatív-kvalitatív módszerekkel történő mennyiségi kiértékelése. Ez az út azonban csak akkor járható, ha az MFS görbék torzulásának sajátosságait is jobban ismerjük.

1980-ban nagymélységű MFS méréseinket Tóalmás környékén, egy MT szempontból nagy irányfüggést (torzulásokat) mutató területen, az A—12δ/77 szeizmikus vonal nyomvonalán, az MFS mérések irányfüggőségének vizsgálata céljából végeztük. A szeizmikus vonal iránya jól egyezik a kétdimenziósnak tekinthető szerkezet dőlésirányával. A méréseket mind a vonallal párhuzamos, mind az arra merőleges adódipólokkal is elvégeztük. A szondázási görbéket az ELGI új R—35 típusú számítógépén dolgoztuk fel. A további feldolgozás és a görbék kiértékelésének meggyorsítására felhasználtuk az ELGI HP 9845A kisszámítógépét. Az MTS mérésekből kapott nagy irányfüggést a különböző irányú mesterséges frekvenciaszondázásoknál nem tapasztaltuk.

A szelvényben kapott MTS és MFS görbék az 56. ábrán láthatók.



56. ábra. Az A—12/18 jelű pont MFS és MTS görbéi

MTS: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;

MFS: 3— ρ_{Ex} ; 4— ρ_{Ey} ; 5— $\rho_{Ex/Hy}$; 6— $\rho_{Ey/Hx}$

Fig. 56. MFS and MTS curves for point A-12/18

MTS: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;

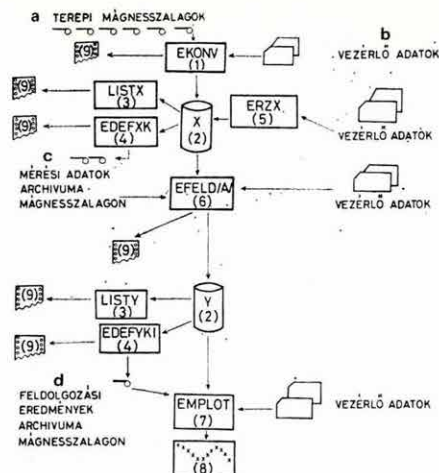
MFS: 3— ρ_{Ex} ; 4— ρ_{Ey} ; 5— $\rho_{Ex/Hy}$; 6— $\rho_{Ey/Hx}$

Рис. 56. Кривые ЧЗ и МТЗ в пункте А-12/18:

МТЗ: 1— ρ_{xy} ; 2— ρ_{yx} ;

ЧЗ: 3— ρ_{Ex} ; 4— ρ_{Ey} ; 5— $\rho_{Ex/Hy}$; 6— $\rho_{Ey/Hx}$

A Szovjet Tudományos Akadémia Oceanológiai Intézete által kiadott elméleti görbeseregek segítségével elvégeztük mind az elektromos, mind az ötkomponenses méréseink görbesereges kiértékelését. A kiértékelés eredményét a To—2 fúrás adataival együtt az 57. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a To—2 fúrástól D-re H típusú, míg attól É-ra QH típusú felépítést valószínűsíthetünk. A kisellenállású réteg felszíne az alsó-felső pannoniai határral azonosítható. A szelvény É-i részén megjelenik a pleisztocén — felső pannon határ is. A kapott eredményt összehasonlítottuk az A—12δ/77 szeizmikus szelvénnel is. A reflexiós időszelvényen ábrázoltuk az MFS mérésekből kapott mélységadatokat. Az elektromos és szeizmikus adatok nagyon jól egyeznek.



58. ábra. MT feldolgozó rendszer az ELGI R-35 számítógépére

(1) — terepi mágnesszalagok beadását, konvertálását, valamint az adatok direkt-elérésű adathordozóra történő átvitelét végző program; (2) — a mérési adatokat (x), illetve feldolgozási eredményeket (y) tartalmazó diszk egység; (3) — listázó eljárás diszkről; (4) — archiváló eljárás mérési illetve feldolgozási adatok mágnesszalagon történő tárolására; (5) — terepi mérőműszer átviteli karakterisztikájának meghatározása és felvitele diszkre; (6) — a mérések feldolgozását végző programcsomag; (7) — feldolgozási eredmények grafikus megjelenítését végző eljárás; (8) — eredmények kirajzolása VERSATEC-plotteren; (9) — adatok nyomtatása

Fig. 58. MT processing package for ELGI's R-35 computer

(1) — input of field tapes, conversion and storage on directly accessible units; (2) — disc drive containing field data (x), and processed results (y); (3) — listing procedure from disc; (4) — procedure to create archive mag-tapes from measured and/or processed data; (5) — determination and write-up on the disc of the transfer characteristics of the measuring equipment; (6) — processing package; (7) — procedure for graphical visualization of the end results; (8) — plotting of results on VERSATEC plotter; (9) — data printout; a — field magnetic tapes; b — control data; c — mag-tape archive of field data; d — mag-tape archive of processed data

Рис. 58. Система обработки магнитотеллурических данных на ЭВМ ЕС-1035

(1) — программа, выполняющая ввод полевых магнитных лент, их преобразование, а также перенос их на технические носители прямого доступа; (2) — дисковое устройство, содержащее данные наблюдений (x) и результаты обработки (y); (3) — листинг с диска; (4) — архивация для хранения данных наблюдений и обработки на магнитных лентах; (5) — определение характеристик полевой аппаратуры и нанесение их на диск; (6) — комплекс программ для обработки данных наблюдений; (7) — графическое представление результатов обработки; (8) — представление результатов плоттером VERSATEC; (9) — печатание данных; a — полевые магнитные ленты; b — управляющие данные; c — банк полевых данных на магнитных лентах; d — банк обработанных данных на магнитных лентах

2.2.2 A gerjesztett polarizációs módszer fejlesztése

Anomália-minősítő GP mérések a Börzsöny hegységben*

A korábbi évek GP műszer- és módszerfejlesztésének eredményeit 1980-ban kezdtük alkalmazni a földtani kutatásban. Természetesen maradtak még megoldatlan módszertani kérdések, de előtérbe került a GP-4 műszerrel végzett

* Erkel A., Király E., Verő L.

mérésekből nyerhető földtani többletinformáció földtani hasznosítása: a látszólagos GP anomáliák minősítése. Erre a legjobb példa a börszőny-hegységi, ezen belül a Rózsa-bánya körüli GP anomália részletes vizsgálata. Ez az egyetlen hely ugyanis, ahol a fúrások a gyenge, hintett ércesedésnél nagyobb szulfid-koncentrációt, vékony teléres ércesedést mutattak ki (a korábbi GP mérések eredményeit és értelmezését lásd az 1979. évi jelentésben). Az 59. ábra alsó

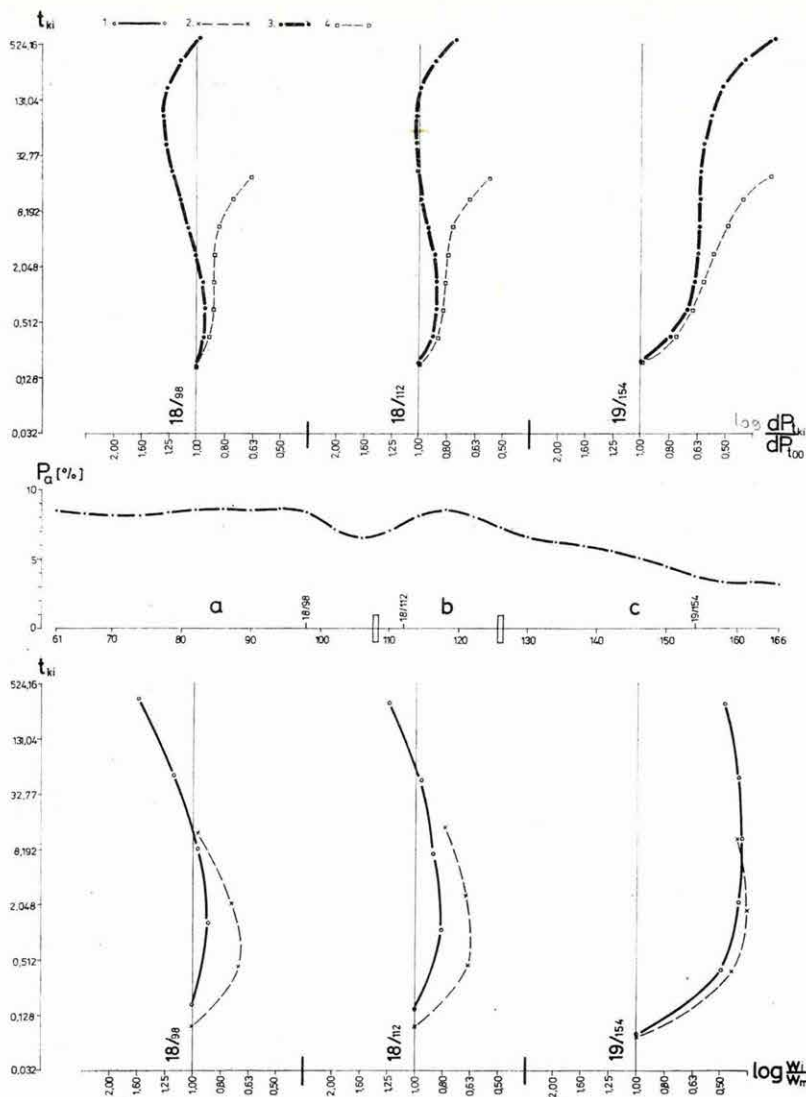
részén három jellegzetes lecsengési görbe relatív amplitúdó $\left(\log \frac{W_i}{W_m}\right)$ -időállandó (τ_i) diagramja látható. Az erősen emelkedő tendenciájú diagram (18/98, $T=996$ s) a fúrómagokon végzett vizsgálatok tanúsága szerint a hálós-eres, teléres, míg a csökkenő (19/154) a nagyon gyengén hintett ércesedésre jellemző. Az ábra közepén látható látszólagos polarizálhatóság szelvény (P_a) alapján ilyen értelmezés nem végezhető. A 18/112 lecsengési görbe diagramja átmeneti jellegű. A lecsengési görbék relatív amplitúdó-időállandó diagramjai tükrözik a fúrások alapján megállapított ércföldtani különbségeket a szelvény a, b és c szakaszai között.

Hasonló vizsgálatokat végeztünk még néhány más GP anomálián is (Kurucpatak, Bánya-pusztá) és megerősítettük azt a korábbi, a DIAPIR-méréseken alapuló következtetésünket (1978. Évi Jelentés), hogy dinamikus GP paramétereiket tekintve ezek az anomáliák hasonlóak. Megállapítottuk továbbá, hogy az ezeken az anomáliákon kapott $W-\tau$ diagramok gyenge hintett ércesedést jeleznek. Az anomáliamentes területeken pedig a teljesen ércmentes kőzetekre a határozottan csökkenő tendenciájú $W-\tau$ görbe jellemző.

A börszőnyi ércperspektívák megítélése az újabb eredmények tükrében nem változott, az anomália-minősítő mérések szerint a Rózsa-bánya környékétől eltekintve még a GP anomáliák területén sem várható más, csak gyengén hintett ércesedés.

Megállapításaink megbízhatóságát további vizsgálatok támasztják alá. Az 59. ábrán feltüntetettük a 31,13 s-hoz tartozó $W-\tau$ diagramokat is. Ezeken, bár hasonlóak a hosszabb gerjesztési időhöz tartozó diagramokhoz, megkülönböztető jelleg még nem található. Ugyancsak az 59. ábrán, felül láthatók a lecsengési görbék Komarov-féle módszerrel számított deriváltjai. A 996 s-hoz tartozó deriváltak éppúgy eltérnek egymástól, mint a $W-\tau$ diagramok, a 31,13 s-hoz tartozók pedig éppúgy jellegtelenek. Hasonló következtetés vonható le a 60. és 61. ábrák alapján is. A $W-\tau$ diagramok előnye nagyon zajos lecsengési görbéknél látható, ezenfelül a módszer lehetőséget nyújt az elektromágneses csatolás eltávolítására is.

A dinamikus paraméterek meghatározásában a minőségi javulást az interaktív, tényezőkre bontáson alapuló módszerrel a Marquardt algoritmust alkalmazó regressziós eljárásra való áttérés jelentette. A HP 9845-re írt program kiküszöbölte a feldolgozás szubjektivitását és a feldolgozás gyorsabbá is vált. Így lehetőség nyílt az eredmények egyértelműségének ellenőrzésére is.



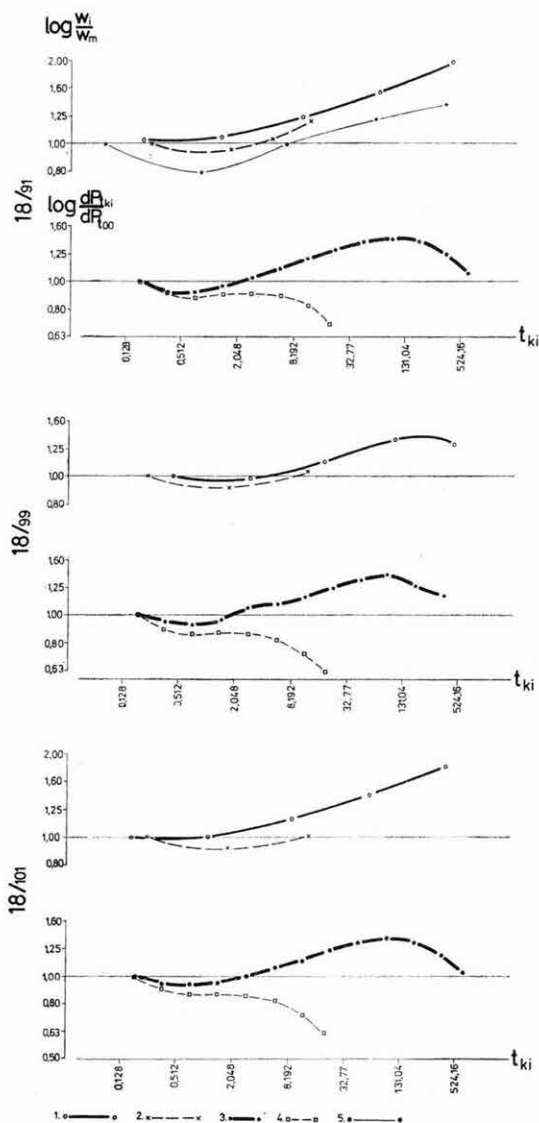
59. ábra. A rózsabányai GP-anomália értelmezése jelalak vizsgálat alapján
 1 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, regressziós módszerrel számítva; 2 — 31,13 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram; 3 — 996 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált görbe; 4 — 31,13 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált diagram

Fig. 59. Interpretation of the Rózsa-mine IP anomaly based on analysis of decay curves

1 — ($W-\tau$) diagram corresponding to 996 s charging time, computed by regression method; 2 — ($W-\tau$) diagram for 31.13 s charging time; 3 — derivative curve for 996 s charging time; 4 — derivative diagram for 31.13 s charging time

Рис. 59. Интерпретация аномалии ВП, полученной в районе Рожабаня методом временных характеристик

1 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 996 сек, определенный регрессионным методом; 2 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 31,13 сек; 3 — кривая дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 996 сек; 4 — кривая для дифференциальной поляризуемости времени возбуждения 31,13 сек



60. ábra. Hintett, hálós—eres
közetek diagramjai

1 — 996-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, regressziós módszerrel számítva; 2 — 31,13 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram; 3 — 996 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált görbe; 4 — 31,13 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált diagram; 5 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, interaktív módszerrel számítva

Fig. 60. Diagrams for disseminated and veinlet type mineralization

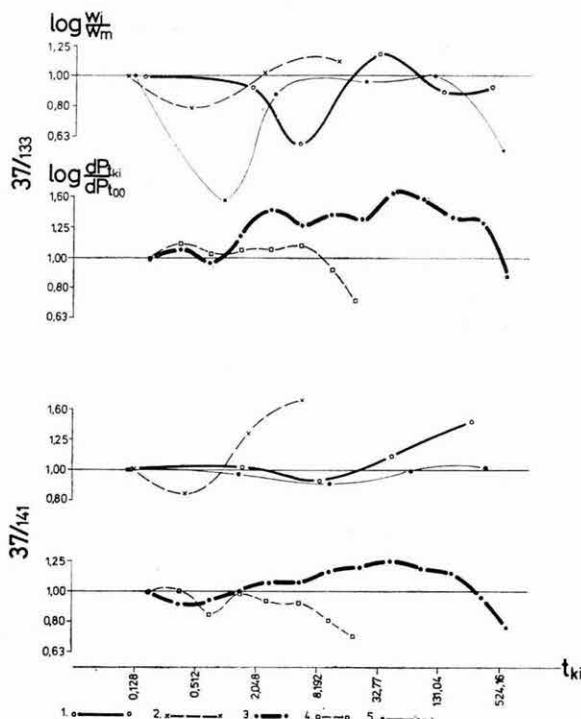
1 — ($W-\tau$) diagram for 996 s charging time, regression method 2 — ($W-\tau$) diagram for 31.13 s charging time; 3 — derivative curve, 996 s charging time; 4 — derivative diagram for 31.13 s charging time; 5 — interactively determined ($W-\tau$) diagram for 996 s charging time

Рис. 60. Графики для горных пород с вкрапленным, и прожилковым оруденением

1 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 996 сек, рассчитанный регрессионным методом; 2 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 31,13 сек; 3 — кривая дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 996 сек; 4 — график дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 31,13 сек; 5 — график $W-\tau$ для времени возбуждения 996 сек, вычисленный интерактивным методом

A 60. ábrán látható, hogy jó jel/zaj viszony esetén az interaktív és regressziós módszer szinte teljesen azonos eredményt ad (18/91). Rosszabb jel/zaj viszony esetén a regressziós módszer akár egy nagyságrenddel jobb közelítést is adhat és a $W-\tau$ diagramok lényegesen eltérnek egymástól (61. ábra, 37/133 görbe).

Földtani következtetéseink megalapozottságát tehát bizonyítja, hogy a relatív amplitúdó-időállandó diagramok jellege független az adatfeldolgozás módszerétől, valamint az is, hogy a szovjet módszer alapján lényegében teljesen azonos következtetésekre juthatunk.



61. ábra. Átmeneti jellegű diagramok

1 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, regressziós módszerrel számítva; 2 — 31,13 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram; 3 — 996 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált görbe; 4 — 31,13 s-os gerjesztési időhöz tartozó derivált diagram; 5 — 996 s-os gerjesztéshez tartozó $W-\tau$ diagram, interaktív módszerrel számítva

Fig. 61. Diagrams of transitional character

1 — ($W-\tau$) diagrams for 996 s charging time, regression method; 2 — ($W-\tau$) diagram for 31.13 s charging time; 3 — derivative curve for 996 s charging time; 4 — derivative diagram for 31.13 charging time; 5 — ($W-\tau$) diagram for 996 s charging time, interactive method

Рис. 61. Графики переходного типа

1 — график $W-\tau$ при времени возбуждения 996 сек, вычисленный регрессионным методом; 2 — график $W-\tau$ для времени возбуждения 31,13 сек; 3 — график дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 996 сек; 4 — график дифференциальной поляризуемости для времени возбуждения 31,13 сек; 5 — график $W-\tau$ для времени возбуждения 996 сек, вычисленный по интерактивному методу

2.2.3 Egyenáramú geoelektromos módszerek fejlesztése

*Egyenáramú potenciáltérképezés (PM mérések)**

Az 1968 óta folyó módszerfejlesztéssel és az ehhez kapcsolódó számítógépes feldolgozás kialakításával, valamint a terepi mérőműszerek kifejlesztésével sokrétű, a kutatandó földtani modellhez és a feladatokhoz alkalmazkodó módszert hoztunk létre.

Egyszerű esetben a potenciáltérképezés egymástól távoli, a mérés közben rögzített (egyenáramú) árambetápláló elektródák terének a „tápvonallal” párhuzamos szelvények mentén történő feltérképezésből áll, ahol a szelvény mentén az M, N mérőelektróda-párral a potenciálgradiens nagyságát mérjük (62. ábra). A közönséges ellenállásszelvényezéstől a mérés abban különbözik, hogy egy terület „feltérképezése” közben az A, B tápelektródák változatlan helyen vannak. A tápelektródák rögzítése meggyorsítja a mérést, másrészt több tértorzulási, matematikailag nehezen kezelhető problémát kiküszöböl, és így pontosabb a feldolgozás.

Az eljárás egyszerű formájában olyan kutatási célok megoldására alkalmas, ahol a nagyellenállású aljzat mélységét kívánjuk meghatározni, első közelítésben homogén, jóval kisebb ellenállású fedőösszlet alatt. Ekkor definiálható a fedőösszlet *összegezett vezetőképessége*:

$$S = \int_0^H \frac{dh}{\varrho} = K_p(r_A, r_B, r_M, r_N) \frac{I_{AB}}{\Delta V_{MN}}$$

ahol K_p az elektródák elhelyezésétől függő, kiintegrálható tényező (geometriai, vagy normáló tényező), I a tápáram, ΔV a mért potenciálgradiens.

A potenciáltérképezés eredményeként a vezetőképesség (S) térképet adjuk meg. Ha a fedőösszlet homogén, akkor a vezetőképesség arányos a vezető összlet (a fedő) vastagságával és így a (nagyellenállású) aljzat mélységtérképe könnyen előállítható. Az S térképek értelmezése egyszerű; homogén fedőösszletnél a vezetőképesség-maximumok az aljzat bemélyedéseit, a minimumok az aljzat kiemelkedéseit jelölik ki. Több nyersanyagkutatási feladat jól megközelíthető ilyen modellel; így például a bauxitkutatásban a feküdoomit bemélyedéseinek (tektonikusan preformált karsztos árkoknak, töbröknek) kimutatása, szénkutatásnál a paleogén-neogén összlettel kitöltött mezozoos aljzatú medencék határainak kijelölése, karsztvízkutatásnál a nagyellenállású karbonátos (karsztosodó) aljzat vetőinek, törésvonalainak meghatározása.

Még az ilyen egyszerű esetben is a vezetőképesség-térkép nem képezi le tökéletesen a mélységtérképet, például 60°-nál meredekebb vetők (a meredekség-

* Kakas K.

től függetlenül) azonos vezetőképeség-szelvénnel jelentkeznek. Az egyszerű mélységszámítást ezért fizikai és matematikai modellezéssel is ellenőrizzük. Erre példákat a következő részben adunk.

Ha az aljzat a fedőhöz képest nem nagy ellenállású, vagy a fedőben nagy ellenállású közbetelepülés is van, akkor a tápvonal hosszának és helyzetének megválasztása kritikussá válhat. Bár normáló modelleket a számítógépes feldolgozás során tetszőleges réteg-konfigurációra ki lehet számolni, bonyolultabb esetben modellvizsgálattal és terepi kísérleti mérésekkel célszerűbb meghatározni, hogy adott határfelületet milyen AB távolsággal a legjobb térképezni. Ezt nevezzük az AB tápvonal optimalizálásának. A 62. ábra b. szelvényén (Csordakút térségében) a különböző tápvonalhosszúsággal mért vezetőképeség-szelvényeket ábrázoljuk. Látható, hogy a triász felszínben levő vetőt az $AB = 1260$ m-es tápvonalhosszúságú mérés képezi le a legjobban, ez az optimális AB erre a területre. Ha a kutatandó objektum, pl. egy bauxit több árnyékoló (szigetelő) réteg, pl. eocén mészkő alatt van, akkor az optimalizálás sem vezet eredményre; itt az FFG—BFG (fúrás-felszín, illetve fúrás-fúrás közti „átvilágító”) módszert érdemes alkalmazni.

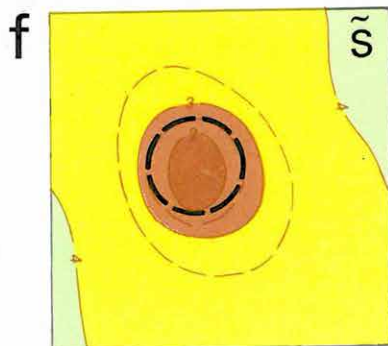
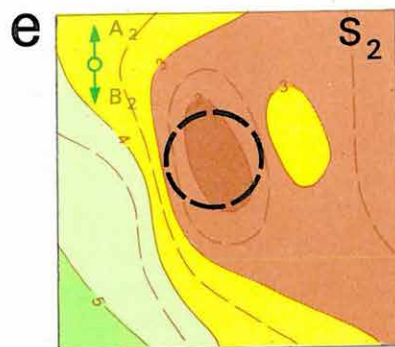
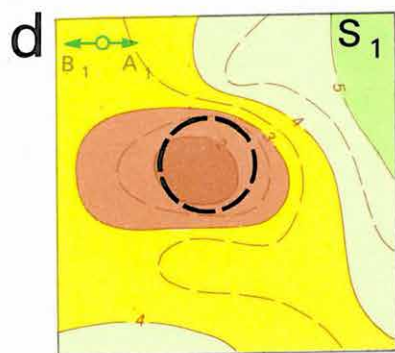
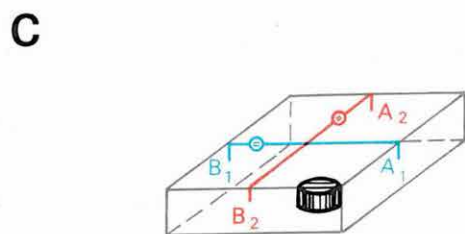
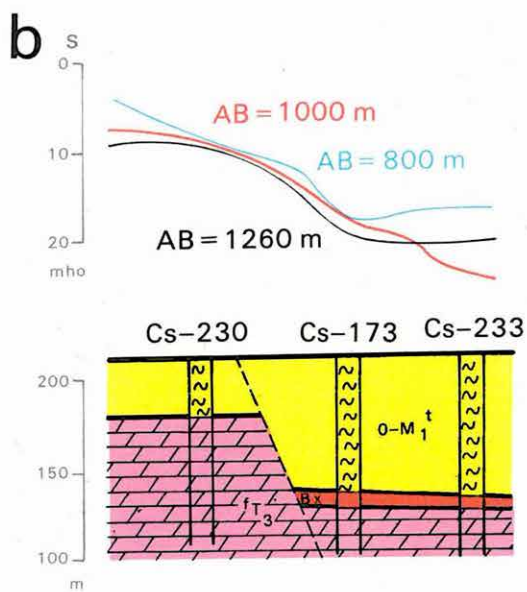
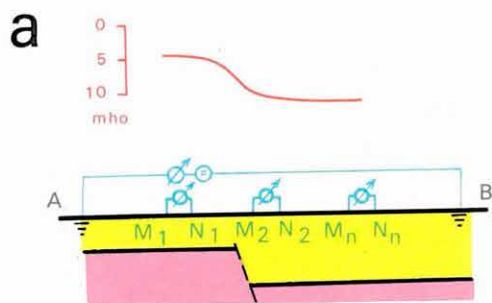
További leképzési problémák jelentkeznek, ha a bevezetett áramtér iránya (jó közelítéssel a tápvonal iránya) nem merőlegesen halad a kutatandó szerkezetelemre (vetőre, tektonikai árkokra, magasrög vonulatra). Pl. ha a tápvonalat egy vetővel párhuzamosan telepítjük, a vezetőképeség-térképen a vető nem ismerhető fel (áramkiegyenlítőds). Mivel a térképezés megkezdésekor csak igen hozzávetőlegesen tudjuk a fővetők (szerkezeti vonalak) irányát, ezért olyan változatot dolgoztunk ki, amellyel a leképzés irányfüggetlenné (invariánssá) tehető, azaz a vezetőképeség-térképet meg lehet szabadítani a tápvonal telepítésétől származó ál-anomáliáktól.

Az egy pontban mérhető térerősség-vektorra (\vec{E}) formálisan felírható:

$$\vec{E} = [S^{-1}][K]\vec{I}$$

ahol $[S^{-1}]$ a vezetőképeség eloszlására jellemző 4 elemű reciprokok vezetőképeség-tenzor, $[K]$ a geometriai hatásokat tartalmazó, kiszámolt, normáló tenzor, \vec{I} a tápdpól erősségvektora. Az S^{-1} tenzor elemei tartalmazzák a földtani információt. Bebizonyítható, hogy ennek a tenzornak a determinánsa invariáns, azaz független a tápvonalak telepítésének irányától, és definiálható úgy, hogy a determináns határesetben megegyezzek az eddig használt és fizikailag jól értelmezhető vezetőképeséggel. Az így keletkezett értéket nevezzük *invariáns vezetőképeségnek*. Az S tenzor elemeinek meghatározására két (célszerűen egymásra merőleges) tápvonallal egy ponton összesen 4 potenciálgradiens értéket kell mérni. Az ilyen „invariáns térképezés” tapasztalataink szerint valóban mentes a „áramtér kiegyenlítőds” és az egyéb tértorzulások hatásától.

További terepi kísérletekkel tisztáztuk, hogy a 4 elemű tenzor determinánsát elsősorban a főátlóban álló elemek nagysága határozza meg. Elfogadható ered-



62. ábra. Egyenáramú potenciál-térképezés

- a) a potenciál-térképezés (PM) elve (vezetőképesség szigetelő aljzat vetője felett)
- b) kísérleti mérések a tápvonal optimalizálására (Csordakút, 1980.)
- c) modellkád-kísérletek a felbontóképesség vizsgálatára: a modell
- d) S_1 térkép (mérés az A_1B_1 tápvonallal)
- e) S_2 térkép (mérés az A_2B_2 tápvonallal)
- f) átlagvezetőképesség-térkép ($\tilde{S} = \sqrt{S_1 S_2}$)

Fig. 62. Direct current potential mapping

- a) principles of PM measurement (conductivity over a fault of the insulating basement)
- b) experiments for optimization of supply line (Csordakút, 1980)
- c) model-tank experiments to study the resolution power: the model
- d) S_1 map (measured by supply line A_1B_1)
- e) S_2 map (measured by supply line A_2B_2)
- f) average conductivity map ($\tilde{S} = \sqrt{S_1 S_2}$)

Рис. 62. Потенциальное картирование на прямом токе

- a) принцип потенциального картирования (PM) (проводимость над сбросом непроводящего основания)
- b) экспериментальные работы для оптимизации линии питания (с. Чордакут, 1980 г.)
- c) модельные работы в ванне для изучения разрешающей способности: модель
- d) карта S_1 (измерение с питающей линией A_1B_1)
- e) карта S_2 (измерение с питающей линией A_2B_2)
- f) карта средней проводимости ($\tilde{S} = \sqrt{S_1 S_2}$)

ményt kapunk tehát akkor is, ha csak a „főértékeket”, azaz két, egymásra merőleges tápvonallal párhuzamos potenciálgradienseket mérjük. Így egy ponton két mérésre van szükség, ez a „*kétirányú potenciáltérképezés*”, amelynek eredménye az

$$\tilde{S} = \sqrt{S_1 \cdot S_2}$$

átlag-vezetőképesség térkép. A két különböző tápvonallal és mérőelektroda-párral végzendő mérések sémáját a 62. a és c. ábra mutatja be.

A gyakorlatban külön-külön értelmezzük az S_1 és az erre merőleges tápvonallal mért S_2 térképet (ezzel kijelölhetők a terítésre merőleges szerkezeti vonalak) és az \tilde{S} térképet (ez használható fel megbízható mélységszámításra).

Fentiek illusztrálására modellkád-eredményeket mutatunk be. A modellezett feladat: egy hengeralakú aljzatbemélyedés (62/c ábra). Az S_1 térkép a K—Ny irányú, az S_2 az É—D irányú tépvonallal mért (egyirányú) vezetőképesség-térkép és a ható képének az áramkiegyenlítődéssel miatti torzulását mutatja. Látható, hogy az \tilde{S} átlag-vezetőképesség térkép már jó közelítéssel mutatja a ható köralakját (62. d., e., f. ábra).

*Egyenáramú matematikai és fizikai modellezés**

A földtani elő- és felderítő kutatásban a hagyományos geoelektromos módszerek hatékonyságának növelése, a részletes fázisú kutatás szükségletei megkövetelik az egyenáramú mérések módszertanának és értelmezési eljárásainak továbbfejlesztését.

Ennek részfeladatai:

- annak eldöntése, hogy mely egyenáramú geoelektromos módszer mely földtani modelleken hatékony,
- a kutatandó határfelület mélységét meghatározó eljárások kidolgozása: a gyakorlatban eddig alkalmazott kvalitatív jellegű értelmezési eljárások kvantitatív, gépesíthető eljárásokkal való felváltása;
- az új ismeretek hasznosítása a mérések tervezésénél.

Ezen célok érdekében a *matematikai modellezés* mellett, azzal összehangolva, elkezdtük a *fizikai* (analóg) *modellezést* Sopronban, az MTA GGKI-ben épült Elektromágneses Modellező Laboratóriumban (EML). Az EML-t az OKGT Geofizikai Kutató Vállalat, az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézet és az ELGI együttesen hozták létre. A laboratórium fő rendeltetése elektromágneses frekvenciaszondázás és szelvényezés, valamint magnetotellurikus mérések modellezése. A Maxwell egyenletek hasonlósági transzformációval szembeni viselkedését vizsgálva kimutatható, hogy a modellkád méretei mellett

* Simon A., Szabadváry L., Szarka L., Szigeti G.

a hangfrekvenciás tartományba eső váltóáramú gerjesztéssel egyenáramú méréseket modellezhetünk. A magas fokon automatizált soproni laboratórium megbízható mérési anyagot ad. 1979-ben a potenciáltérképezés (PM) modellezésére koncentráltunk.

Fizikai modellezéssel jelenleg többféle szerkezeti formát modellezhetünk, viszont ha egy adott modelltípuson a matematikai modellezést megoldottuk, azzal — a paraméterek tetszőleges variálhatósága révén — gazdaságosabban, gyorsabban közelebb jutunk a terepi mérések inverz feladatainak megoldásához.

A kétféle modellezés eltérő lehetőségeit kihasználva, azokat összehangoltan, egymást kiegészítve alkalmazzuk. Fizikai modellezéssel a kétdimenziós alakzatok közül függőleges és dőlt síkú vetőket, kétlépcsős vetőket, feltolódásokat, sasbérceket, árkokat, háromdimenziós esetben téglalakú kiemelkedéseket és bemélyedéseket modelleztünk.

A 63. ábrán vetősorozat, kétlépcsős vetősorozat, kétdimenziós kiemelkedés, illetve kétdimenziós bemélyedés feletti fizikai modellezés eredményét mutatjuk be. Vető felett a matematikai és a fizikai modellezés eredményei 2% pontossággal megegyeztek. Ezért terepi mérések értelmezésére matematikai modellezéssel, számítógépes megjelenítéssel vetőre $1/S$ görbesereg táblázatot számoltunk ki. Egy ilyen görbesereg látható a 64. ábrán, amely a terepi kvantitatív feldolgozáshoz készült.

Az 1976. és 1979. Évi Jelentésben példát közöltünk a konform leképezések módszerének alkalmazására, vető és más kiemelkedő szerkezeti formák felett. 1980-ban sikerült a megfelelő konform leképezést megoldani elipszis-szerű bemélyedő formákra, a bemélyedések mélysége és szélessége egymástól függetlenül történő változtatásával. Ilyen szerkezet feletti S görbe látható a 65. ábrán.

A fűrőlyukelektrodás térképező módszerekre (FFG—BFG) közelítő mélységszámítási eljárást dolgoztunk ki, kétréteges modell esetére (a második réteg a fedőrétegekhez viszonyítva gyakorlatilag szigetelőnek tekinthető). Feltételek:

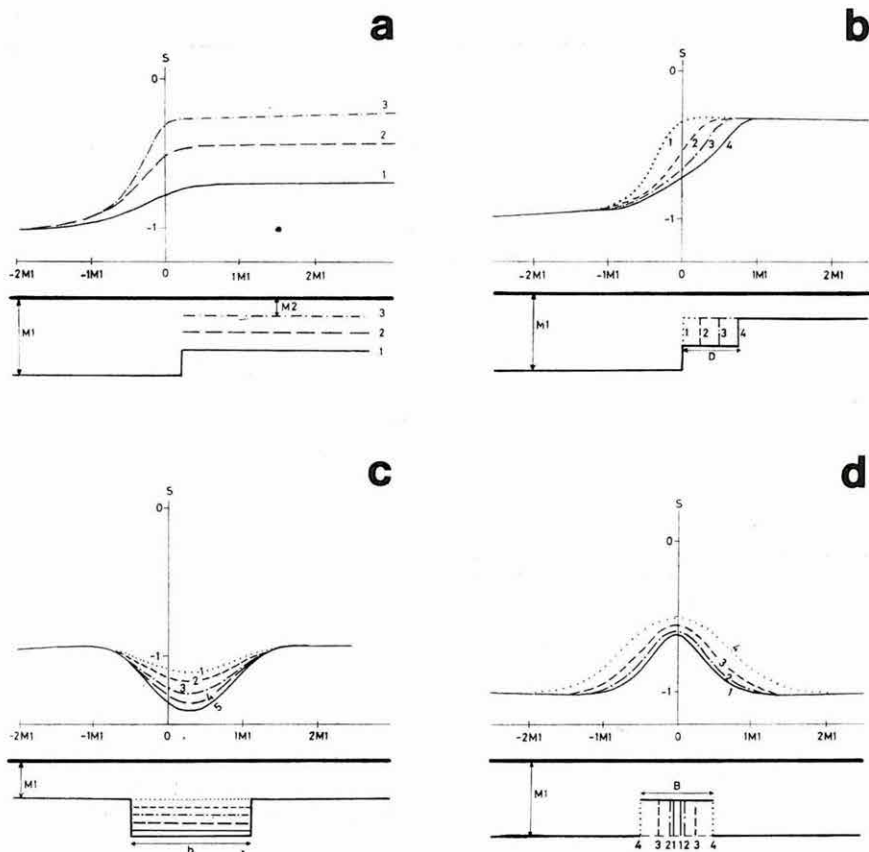
- a szerkezeti elem horizontális kiterjedése összemérhető a második réteg átlagmélységével;
- a mélységváltozás az átlagmélység 20—30%-nál nem nagyobb.

A feltételek teljesülése esetén az elektromos térerősség előállítható a horizontálisan rétegzett közegre vonatkozó normál térerősségből a mélység, mint változó szerinti sorfejtéssel:

$$E = \varrho E_0 + \varrho \left. \frac{\partial E_0}{\partial h} \right|_{h=0} \Delta h + \dots$$

A mélység így

$$h = h_0 + \Delta h = h_0 + \left(\frac{E}{\varrho} - E_0 \right) K$$



63. ábra. Vezetőkéesség görbék szigetelő aljzat felett (fizikai modellezés eredménye)

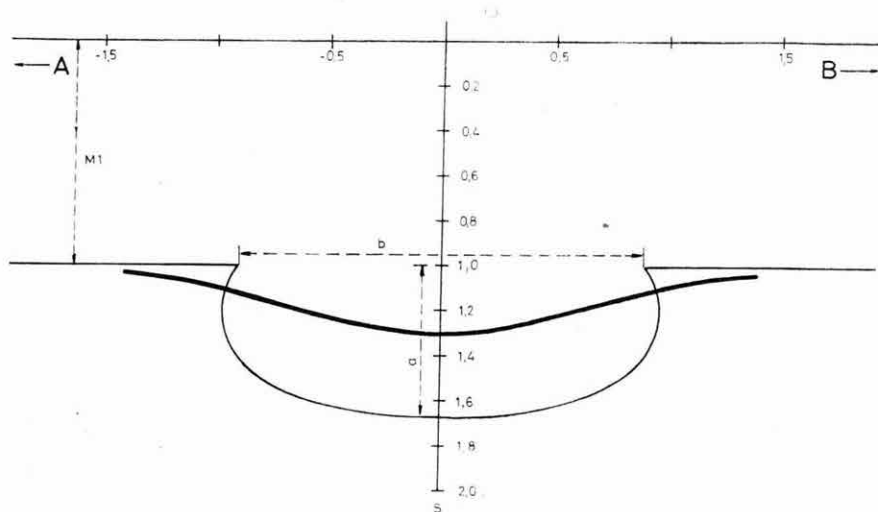
- a) vető felett, M_2/M_1 : 1 — 0,74; 2 — 0,45; 3 — 0,25
 b) kétlépcsős vető felett, D/M_1 : 1 — 0; 2 — 0,25; 3 — 0,5; 4 — 0,75
 c) árok felett, A/M_1 : 1 — 0,02; 2 — 0,4; 3 — 0,6; 4 — 0,8; 5 — 1,0
 d) sasbérc felett, B/M_1 : 1 — 0,1; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 1,0

Fig. 63. Conductivity curves over high-resistivity basement, obtained by physical modelling

- a) over a fault, M_2/M_1 : 1 — 0.74; 2 — 0.45; 3 — 0.25
 b) over a two-step fault, D/M_1 : 1 — 0; 2 — 0.25; 3 — 0.5; 4 — 0.75
 c) over a trench, A/M_1 : 1 — 0.02; 2 — 0.4; 3 — 0.6; 4 — 0.8; 5 — 1.0
 d) over an horst, B/M_1 : 1 — 0.1; 2 — 0.2; 3 — 0.4; 4 — 1.0

Рис. 63. Кривые проводимости над фундаментом высокого сопротивления (результаты физического моделирования)

- a) над сбросом, M_2/M_1 : 1 — 0,74; 2 — 0,45; 3 — 0,25;
 b) над двухступенчатым сбросом, D/M_1 : 1 — 0; 2 — 0,25; 3 — 0,5; 4 — 0,75
 c) над грабеном, A/M_1 : 1 — 0,02; 2 — 0,4; 3 — 0,6; 4 — 0,8; 5 — 1,0
 d) над горстом, B/M_1 : 1 — 0,1; 2 — 0,2; 3 — 0,4; 4 — 1,0



65. ábra. Ellipszis jellegű bemélyedés matematikai modellezése (S szelvény)
 $M_1=1$; $b=1,80$; $a=0,67$; Elektrodák helyzete: A: $-4,0$; $0,0$
 B: $+4,0$; $0,0$

Fig. 65. Mathematical modelling of an ellipsoidal depression (S profile)
 $M_1=1$; $b=1.80$; $a=0.67$. Location of electrodes: A: -4.0 ; 0.0
 B: $+4.0$; 0.0

Рис. 65. Математическое моделирование эллипсоидального прогиба (график S)
 $M_1=1$; $b=1,80$; $a=0,67$; положение электродов: A: $-4,0$; $0,0$
 B: $+4,0$; $0,0$

ahol:

h_0 — a második réteg átlagmélysége,

E — a mért térerősség,

E_0 — a térerősség normálértéke,

ρ — az első réteg fajlagos ellenállása,

K — az elektróda elrendezéstől és a normálmodell paramétereitől függő
 koefficiens.

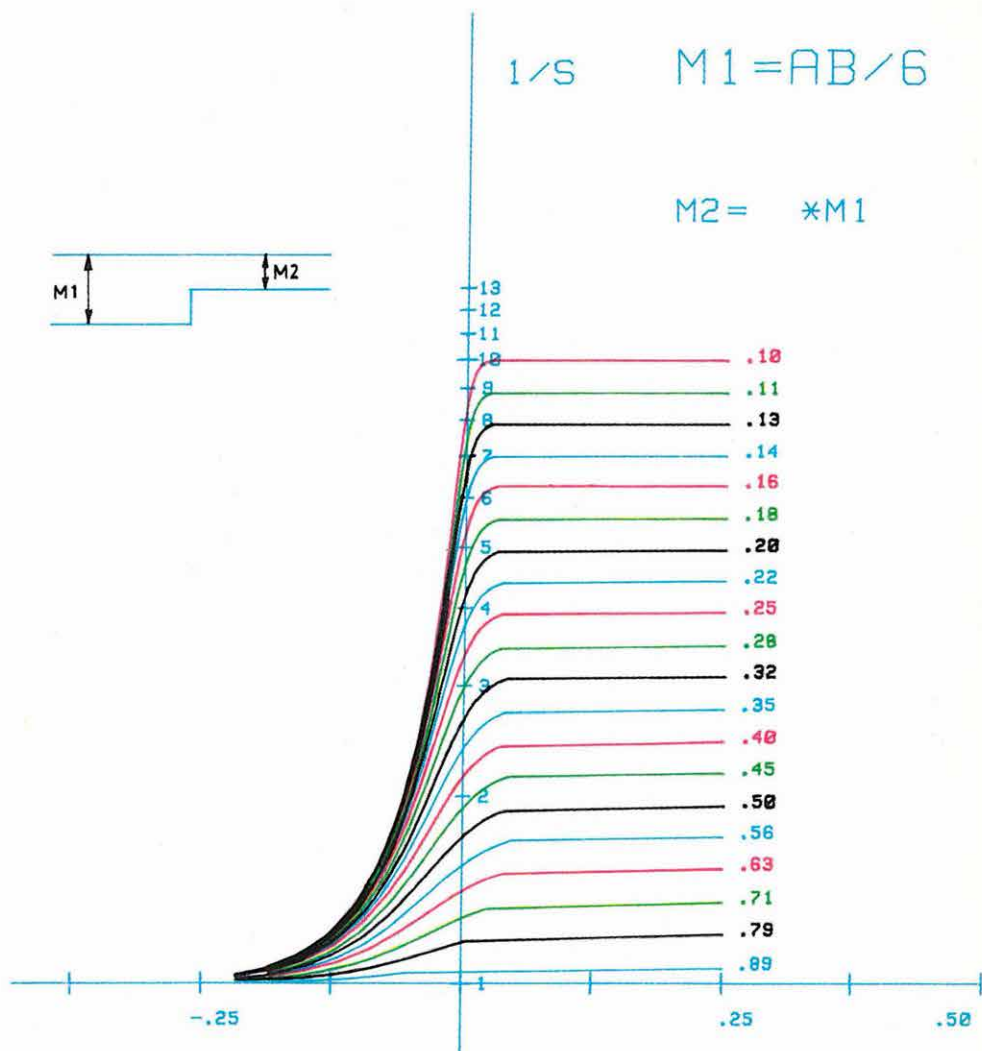
Az eljárás gyakorlati lépései:

- a mért térerősség értékének korrekciója a fedőösszlet fajlagos ellenállásának vízszintes irányú változása szerint, (ehhez az ellenállást a VESz görbék és fúrások adataiból szerkesztett ellenállás térképről vesszük);
- a szorosabban vett mélységszámítás végrehajtása. Ekkor végezzük el a térerősség—mélység összefüggésben a koordináták szerinti változást figyelembe vevő K taggal a korrekciót.

1/s

$$M1 = AB/6$$

$$M2 = *M1$$



64. ábra. $1/S$ görbesereg vető elvetési magasságának meghatározására, PM mérésekhez

Fig. 64. $1/S$ curve chart to determine fault amplitude, for PM measurements

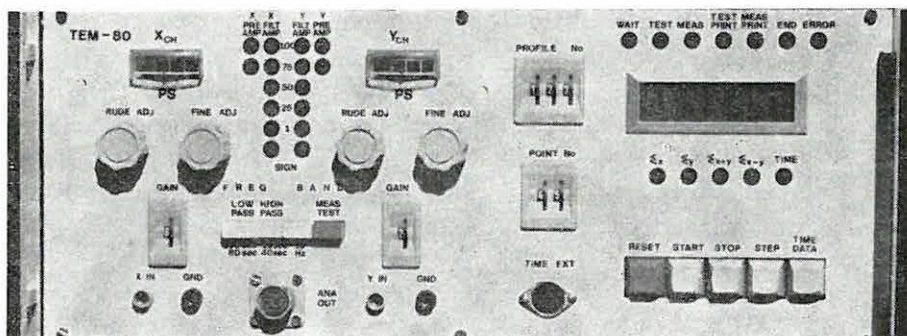
Рис. 64. Семейство кривых $1/S$ для определения амплитуды сброса по измерениям РМ

A terepi számító centrum HP 9845S asztali számítógépére megírt program a mélyszámítási eljárás első és második lépését igény szerint szakaszonként, vagy egyszerre végzi. Ennek megfelelően a fedőösszet ellenállására korrigált vezetőképesség térképet, vagy mélységtérképet szerkeszt.

2.2.4 Geoelektromos műszerfejlesztés

TEM—80 tellurikus műszer*

Az elmúlt tíz évben világszerte megfigyelhettük a magnetotellurikus (MT) módszer térhódítását. Azonban igen sok magnetotellurikus módszerrel megoldható problémánál a kutatás előkészítő- és részletező fázisában célszerű az MT-nél 10-szer, 20-szor olcsóbb és gyorsabb tellurikus (TE) módszer alkalmazása. Ehhez azonban a modern — gyakran számítógéppel vezérelt — MT műszerek mellett hasonló színvonalú TE műszer használata kívánatos.



66. ábra. TEM—80 tellurikus műszer

Fig. 66. TEM—80 telluric instrument

Рис. 66. Аппаратура для метода теллурических токов типа TEM—80

A TEM—80 az utóbbinak egy alapfokú megvalósítása (66. ábra). A műszer analóg erősítői megegyeznek az ELGI-ben kifejlesztett DEF—1 típusú MT műszer elektromos csatornáinak erősítőivel, de aktív szűrői csak szűkebb frekvenciasávok mérését teszik lehetővé. A mért adatok digitális jelekké történő átalakítása után a műszer real-time üzemmódban — aritmetikai és memória egységének segítségével — a mérési anyag feldolgozásának egy igen munkaigényes fázisát is elvégzi. Ez a fázis az ún. totális érték képzése, amelyet 4 vízszin-

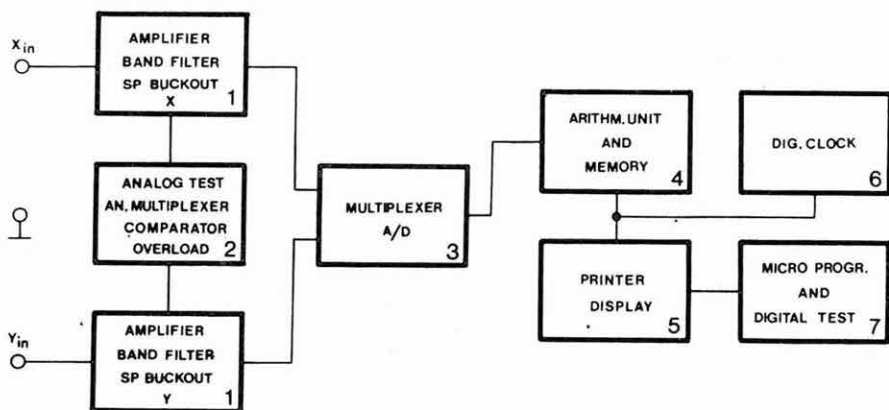
* Borsányi A., Nemesi L., Széles G.

tes komponensre állít elő. (E négy komponensből kettő mért komponens, kettő pedig a műszer által számított). Az 5 perces időintervallumokra vonatkozó négy totális értéket a berendezés automatikusan kinyomtatja, a mérési pontra jellemző hely, idő, érzékenység, szűrőállás, stb. adatokkal. A bázis és mozgó-állomások megfelelő szinkronizálását digitális órák biztosítják. A műszer által képzett adatokat HP—97-es minikalkulátorba táplálva a szokásos tellurikus paramétereket néhány perc alatt megkapjuk.

A TEM—80 elvi felépítését a 67. ábrán látható blokk-vázlaton mutatjuk be.

A műszer fő egységei és működési rendszere:

- 1 — előerősítő, kézi PS kompenzátor, aktív szűrők;
- 2 — analóg hitelesítő és kivezérlésmérő egység — a műszer relatív hitelesítésére illetve az előerősítő kivezérlésének kijelzésére;
- 3 — multiplexer és A/D konverter;
- 4 — aritmetika és memória egység — a mintavételezett Δx , Δy értékekből a totális értékek számolására, tárolására, a nyomtatás és kijelzés vezérlésére;
- 5 — nyomtató és számkijelző — a mérési protokoll automatikus elkészítésére;
- 6 — digitális óra — a bázis és mozgó műszerek mintavételezésének és 5 perces mérési ciklusainak szinkronizálására, valamint a protokoll részére az időadatok szolgáltatására;
- 7 — mikroprogramozott vezérlő egység — az egységek működésének összehangolására, tesztelésre és a protokoll összeállítására.



67. ábra. TEM—80 tellurikus műszer blokk-vázlata

Fig. 67. Block diagram of TEM—80 telluric instrument

Рис. 67. Блок-схема аппаратуры ТТ типа TEM—80

Néhány fontosabb specifikációs adat:

Bemenő csatornaszám	2
Bemenetre redukált zajszint	0,5 μ V
Maximális érzékenység	0,5 μ V/bit
Maximális bemenő jel	6 érzékenységi fokozatban ± 1 mV és ± 243 mV között
Felbontás	11 bit + előjel
Bemeneti ellenállás	1 Mohm
50 Hz elnyomás	80 dB/oktáv
Amplitúdó identitás	$\pm 1,5\%$
Idő identitás	50 ms
Méretek	400 \times 500 \times 170 mm + ugyanakkora tápegység
Energiaforrás	E—1500-as Honda generátor

*Új, hordozható, digitális kijelzésű, automatikus ellenállás- és GP mérőműszerek**

A DIAPIR műszercsalád új sorozatában — amelynek fejlesztését 1980-ban kezdtük el — a primer és szekunder elektromos jelek mérésére, a jel/zaj viszony javítására néhány, a szokásos gyakorlattól teljesen eltérő megoldást alkalmaztunk:

- a primer és szekunder feszültségeknek nem pontszerű amplitúdóját, hanem a *jel területét* mérjük, változtatható gerjesztési és integrálási idő mellett. Az integrálási idő növelésével jelentősen javítható a jel aránya a nagyfrekvenciás, kváziharmonikus, ipari és tellurikus zajokhoz viszonyítva;
- a váltakozó előjelű impulzusokkal létrehozott primer és szekunder jeleket digitálisan szűrjük. Ez a megoldás a lineáris zajok (erősítők — elektródák nullpont eltolódása, driftje, nagy periódusú tellurika stb.) teljes elnyomását jelenti;
- a jel/zaj viszony további javítására többszörös (N számú) összegezést alkalmazunk;
- a mérőműszerbe épített jel/zaj viszonyt növelő eljárások a tápáram források teljesítményének egy-másfél nagyságrenddel történő csökkentését teszik lehetővé;
- a lecsengő jelből — a gerjesztési idő hosszától függetlenül — nyolc egyenként mintát veszünk. Ez a megoldás elsősorban olyan kutatásnál jelent előnyt, ahol nagy területekre kiterjedő áttekintő, vagy regionális kutatás (csak ρ_1 — P_1 mérés) mellett az anomáliák térségében a lecsengő görbe alakját (a dinamikus paramétereket) is meg akarjuk határozni.

* Erkel A., Simon P.

A gerjesztési és mérési idő hat bináris fokozatban növelhető $T_k = 1,6 - 51,2$ s között:

$$T_k = 0,8 \cdot 2^k \quad k = 1 - 6.$$

A primer jel mérésénél az integrálási idő nagysága a gerjesztési idővel együtt változik:

$$dT = \frac{10}{16} \cdot T_k.$$

A gerjesztési idő kiválasztásánál ügyelni kell arra, hogy a talajban keletkező örvényáramok okozta zavarok — amelyek amplitúdója a kábelterítés hosszával arányosan nő — a mérési eredményeket ne torzítsák. A gerjesztési idő (T_k) és az integrálási idő kezdete (T_0) között a következő összefüggés áll fenn:

$$T_0 = \frac{6}{16} T_k.$$

Tehát ha úgy választjuk, hogy $T_0 \geq T_i$ legyen, ahol T_i = az az időpont, ahol az örvényáramok okozta zavarok amplitúdója már elhanyagolható, akkor ezzel a zavaró tényezővel nem kell számolnunk.

A feldolgozás egyszerűsítése miatt a lecsengési görbékből vett, azonos sorszámú minták időpontja és a gerjesztési idő aránya minden gerjesztési időre azonos marad, mégpedig:

n =	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{T_k}{t_n} =$	$\frac{16}{1}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{16}{11}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{16}{15}$

ahol:

t_n — a mintavétel időpontja a lecsengési görbén

n — a mintavétel sorszáma

Ez a megoldás olyan esetekben előnyös, amikor a látszólagos dinamikus polarizálhatóságot akarjuk meghatározni.

Az impulzusok számának (N) megválasztásánál ügyelni kell arra, hogy a tellurikus tér periódusideje T_{TE} , valamint a gerjesztési idő között az alábbi feltétel teljesüljön:

$$N \cdot T_k < \frac{T_{TE}}{2},$$

ahol

$N = 4, 6, 10$ lehet.

A DIAPIR—4008/N műszerrel végzett laboratóriumi mérések eredményei

A zaj frekvenciája (f)		Lineáris zaj		0,02 Hz		0,03 Hz		0,05 Hz		4 Hz	8 Hz	10 Hz	50 Hz	100 Hz
Az összegezték száma				4	4 × 4	4	4 × 4	4	4 × 4	4	4	4	4	4
az összegezték értéke a zajmentes értéktől														
a lecsengő jelből vett minta sor-száma	zajmentes értéke													
1.	9,40	0,0	0,0	2,6	0,4	2,7	0,9	6,0	0,6	0,8	2,2	0,0	0,0	0,2
2.	8,17	0,0	0,0	3,0	0,5	3,0	1,1	6,5	0,6	0,6	0,1	0,1	0,3	0,3
3.	7,11	0,0	0,0	3,4	0,4	3,8	1,5	7,2	0,4	0,3	2,8	0,1	0,3	0,3
4.	6,19	0,0	0,0	3,7	0,2	4,4	1,8	8,0	0,4	1,5	4,7	0,0	0,0	0,2
5.	5,40	0,0	0,0	3,9	0,3	5,2	2,5	9,3	0,3	1,1	3,0	0,2	0,0	0,0
6.	4,69	0,0	0,0	4,3	0,3	6,0	2,8	9,4	0,5	1,7	0,9	0,0	0,2	0,0
7.	4,09	0,0	0,0	4,4	0,5	6,9	3,4	8,8	0,6	2,5	5,9	0,0	0,0	0,3
8.	3,55	0,1	0,1	4,5	0,8	7,3	3,9	8,2	0,7	3,0	7,6	0,0	0,0	0,7

Az I. táblázatban a DIAPIR—4008/N műszerrel végzett laboratóriumi mérések eredményeit mutatjuk be. Az 1,6 s-os gerjesztéssel kapott GP jelhez mintegy 10-szer nagyobb amplitúdójú, különböző frekvenciájú szinuszos, illetve lineáris „zajt” kevertünk. Látható, hogy többszörös összegezéssel a lineáris, illetve 50 Hz-nél nagyobb frekvenciájú zaj hatása csaknem teljesen megszüntethető. Budapest belterületén a relatív jel/zaj viszony ötszörös javítását sikerült elérni, negyedére csökkentett tápáram mellett:

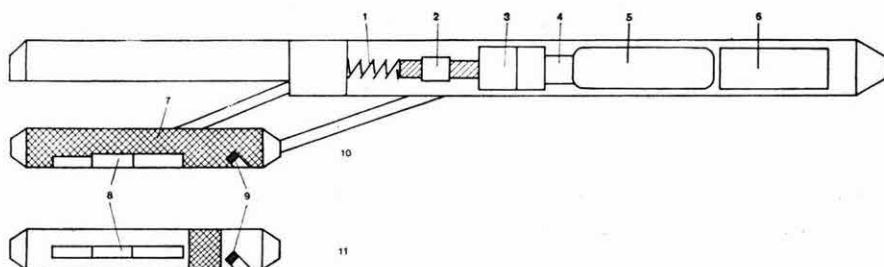
	T_k	I	N	$\Delta U_{T\%}$
DIAPIR—E	6,4 s	100 mA	10	$\pm 23,9\%$
DIAPIR—4008/N	1,6 s	25 mA	4	$\pm 4,8\%$

A városi ipari zaj impulzus jellege miatt a jel/zaj viszony javulása csak mintegy hússzoros volt, szabványos terepi körülmények között 50—100-szoros jel/zaj viszony növelés is könnyen elérhető.

A DIAPIR műszerekből egy olyan újabb sorozat készül, amelynél a tápegységek teljesítménye (10 W—200 W—2 kW) a földtani feladattól és a kutatási mélységtől függően fog változni.

2.3.1 Nukleáris műszerfejlesztés*

A nukleáris szondák több éve folyó fejlesztésének legújabb eredményeként elkészült a *szénkutató szonda* egy további egysége. A szénkutató szonda sematikus vázlat a 68. ábrán látható. E szonda háromcsatornás rendszer, amely egyidejűleg méri a természetes gamma sugárzást, a fűrt lyuk bőségét és a réteg sűrűségét. A szonda egy vezető éren működtethető. A bőségmérő kart illetve a sűrűségmérő padot elektromotoros mechanika nyomja a falhoz illetve húzza vissza. A működtető mechanikát 1979-ben fejlesztettük ki olyan formában,



68. ábra. A szénkutató szonda mechanikus felépítése, ill. detektor-elrendezése

1 — rugó; 2 — golyós orsó; 3 — motor; 4 — lyukbőség mérő detektor; 5 — elektronika; 6 — természetes gamma csatorna; 7 — ólom árnyékolás; 8 — szcintillációs detektor; 9 — gamma sugárforrás; 10 — sűrűség mérő pad; 11 — rendszám mérő pad

Fig. 68. Mechanical construction and arrangement of detectors of the coal exploration sonde

1 — spring; 2 — spindle with ball; 3 — motor; 4 — caliper detector; 5 — cartridge; 6 — gamma ray channel; 7 — lead shield; 8 — scintillation detector; 9 — gamma source; 10 — density measuring pad; 11 — atomic number measuring pad

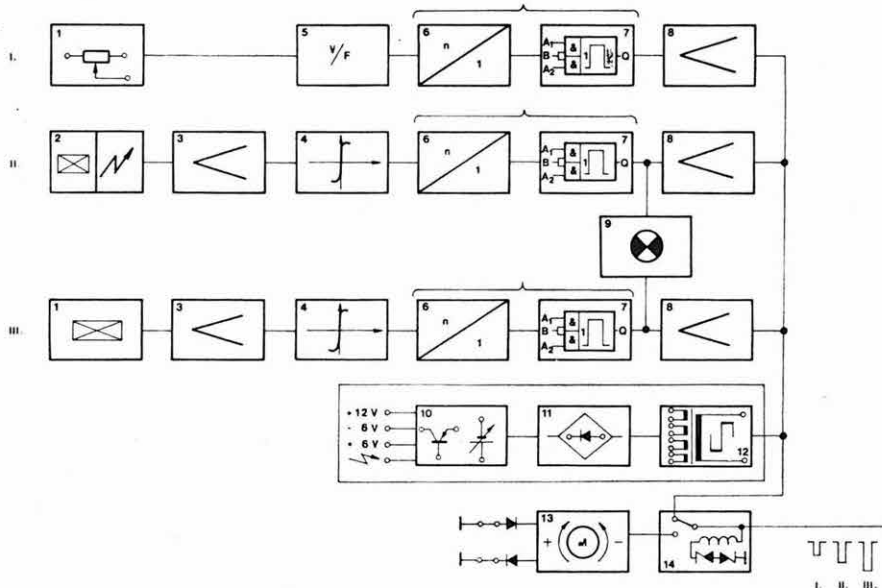
Рис. 68. Механическое строение зонда для изучения угольных скважин и расположение детекторов в нем

1 — пружина; 2 — шариковый шпиндель; 3 — двигатель; 4 — детектор каверномера; 5 — электронная схема; 6 — канал ГК; 7 — свинцовый экран; 8 — сцинтилляционный детектор; 9 — источник гамма-излучения; 10 — устройство для измерения плотности; 11 — устройство для измерения атомного номера

* Bartos F., Békés T., Korodi G., Liszt F., Morvai L.

hogy egyidejűleg egy 3 karos bőségmérő szondacsalád alapját képezi (ELGI 1979. Évi Jelentése). Valamennyi csatornából az információk impulzus formájában jelennek meg a felszínen. Az adatok az ELGI-ben kifejlesztett bármely három-csatornás felszíni egységgel feldolgozhatók.

A szonda elektronikáját a legkorszerűbb CMOS és bipoláris integrált áramkörökből építettük fel, melyek egységesen egy rozsdamentes acélházban foglalnak helyet. Az elektronikus áramkörök blokk-sémája a 69. ábrán látható.



69. ábra. A szénkutató szonda elektronikus áramköreinek blokk-sémája

1 — detektor; 2 — detektor pad; 3 — erősítő; 4 — komparátor; 5 — feszültség-frekvencia átalakító; 6 — impulzus osztó fokozat; 7 — uniformizáló fokozat; 8 — végerősítő; 9 — tiltó fokozat; 10, 11, 12 — tápegység; 13 — motor; 14 — üzemmód váltó

I. — lyukbőség mérő csatorna

II. — gamma-gamma csatorna

III. — természetes-gamma csatorna

Fig. 69. Block diagram of electronic circuits of the coal exploration sonde

1 — detector; 2 — detector pad; 3 — amplifier; 4 — comparator; 5 — voltage-frequency converter; 6 — pulse divider stage; 7 — uniformizer stage; 8 — final amplifier; 9 — inhibition stage; 10, 11, 12 — supply units; 13 — motor; 14 — mode switch

I — caliper channel;

II — gamma-gamma channel;

III — gamma ray channel

Рис. 69. Блок-схема электронных схем зонда для изучения угольных скважин

1 — детектор; 2 — детекторная скамейка; 3 — усилитель; 4 — компаратор; 5 — преобразователь напряжения в частоту; 6 — каскад деления импульсов; 7 — каскад унификации; 8 — оконечный усилитель; 9 — каскад запрета; 10, 11, 12 — источники питания; 13 — двигатель; 14 — переключатель режима работы

I — канал кавернометрии

II — канал ГГК

III — канал ГК

Főbb műszaki adatok:

Átmérő (csukva)	60 mm
Hossz	kb. 2600 mm
Nyomás tűrés	max. 35 MPa
Hőmérséklet tűrés	120 C°
Mérhető lyukátmérő	60—250±1 mm
Mérhető sűrűség (nukleáris elven)	1—3±0,05 g/cm ³
Mérhető radioaktív gamma-sugárzás	1 μr/h—100 μr/h

Az év folyamán elkészült a KRF—3—220K típusú új nukleáris karotázs fel-
színi mérőműszer. Bár az új készülék kialakításánál elsődleges szempont a
hazai kőolajipar igényeinek kielégítése volt, jellemzőit tekintve bármely kor-
szerű karotázs berendezés részeként felhasználható. Három nukleáris (vagy
egyéb impulzus üzemű) mérőcsatorna és a karmantyúlokátor jeleinek feldolgo-
zására alkalmas. A készülék KONTASET rendszerben készül, dugaszolható
kárttyákkal.

A berendezés rendszertani felépítésében a karotázs méréstechnikának az
ELGI-ben kidolgozott korszerű AMPLITÚDÓ MULTIPLEX® elvét alkal-
mazza, korszerű CMOS, és bipoláris integrált áramkörökkel. A készülék az
egyes csatornák kimenetein szolgáltatja az impulzusok számával arányos egyen-
feszültséget, valamint kétszatornás neutron-neutron szonda felhasználása ese-
tén a porozitással arányos információt is. Főbb egységeit a 70. ábra szemlélteti.

70. ábra. A KRF—3—220K beren-
dezés blokkvázlata

1 — tirisztoros hálózati tápegység; 2 —
digitális áram- és feszültségmérő; 3 —
automatikus erősítés szabályozó; 4 — erő-
sítő, jelsztválasztó és hitelesítő generátor;
5 — digitális impulzus számláló; 6, 7, 8 —
lineáris ratemeterek; 9 — karmantyú loká-
tor illesztő; 10 — analóg porozitás számító
egység

Fig. 70. Block diagram of
KRF—3—220K equipment

1 — thyristor mains supply; 2 — digital
ammeter and voltmeter; 3 — automatic
gain control; 4 — amplifier, signal sepa-
rator and calibration generator; 5 — digital
counter; 6, 7, 8 — linear ratemeters;
9 — CCL interface; 10 — analog porosity
calculator

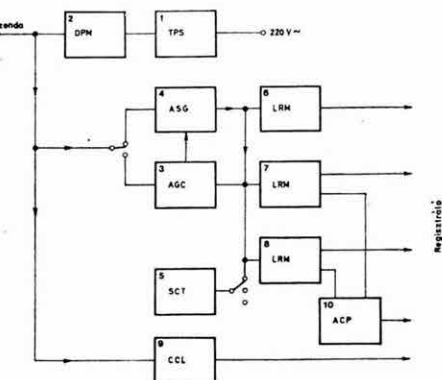


Рис. 70. Блок-схема аппаратуры типа KRF—3—220K

1 — сетевой источник тока на тиристорах; 2 — цифровые амперметр и вольтметр; 3 — автоматический регулятор усиления; 4 — генератор для усиления, разделения сигналов и калибровки; 5 — цифровой счетчик импульсов; 6, 7, 8 — линейные интеграторы; 9 — устройство сопряжения с локатором муфт; 10 — аналоговое устройство для вычисления пористости

A fenti részegységek közül — hazai viszonylatban karotázs módszertanilag is — újdonságnak számít az ACP jelű porozitás számító egység. Az azonos mátrixú, különböző porozitású kőzetek esetén a porozitás és a neutron-neutron szonda által mért impulzusszám között fennáll a következő összefüggés:

$$\ln P = a - b N$$

ahol P = porozitás; N = impulzusszám; a és b = konstansok.

Az összefüggés — megfelelő szondahossz esetén — a karotázs gyakorlatban előforduló porozitás tartományban alkalmazható, de eredménye erősen függ a fúróluk jellemzőitől. A kétsatornás szonda alkalmazása ezt kiküszöböli az alábbi, analóg áramkörökkel is megoldható formula segítségével:

$$P = \exp a \cdot \exp \left[-b \left(\frac{N_H}{N_R} - \frac{N_{H_0}}{N_{R_0}} \right) \right]$$

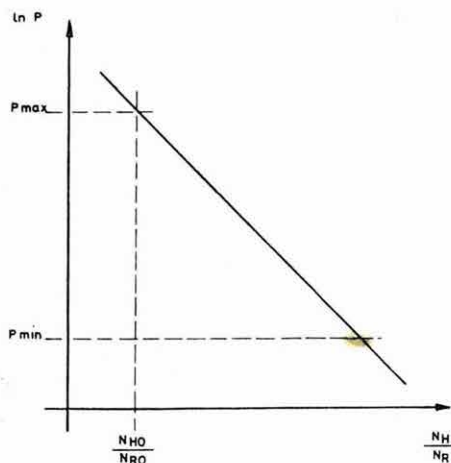
ahol:

N_H — a hosszú csatorna impulzusszáma,

N_R — a rövid csatorna impulzusszáma.

A 0-index a karakterisztika egy nagy porozitású pontját jelenti.

Az összefüggés megfelelő koordináta-rendszerben egyenesként ábrázolható (71. ábra). Az ábrából láthatóan a fenti formulát megvalósító áramkör két megfelelő porozitású ponton állítható be.



71. ábra. A számítóegység átviteli függvénye

Fig. 71. Transfer function of the calculator

Рис. 71. Характеристика вычислительного устройства

Az XRF műszerfejlesztés során elkészült egy 33 mm átmérőjű szonda (típusa KRGE—1—50—33x), amely bányabeli robbantóluk fúrásokban is használható. A szonda fúrórudazat segítségével bocsátható le a fúrólyukba. Az XRF szonda kisenergiájú gerjesztett karakterisztikus sugárzások (3—30 keV) ener-

giaszelektív mérésére alkalmas. A szonda háza 0,5 mm vastag berillium ablakkal ellátott, műanyaggal erősített poliészter gyanta. A szonda jó felbontóképességét a felszíni műszerrel vezérelhető differenciális szűrőpár biztosítja (1. ELGI 1978. Évi Jelentése).

A fúrómagminták érc tartalmának gyors elemzésére kifejlesztettük a KRF—1—12x típusú fúrómagminta-elemző mérőfejet, amely alkalmas a kőzet összetételének gyors, roncsolásmentes meghatározására. A mérőfejben jó minőségű proporcionális számlálócső és gerjesztő XRF sugárforrás helyezkedik el. A detektor érzékeny felülete előtt 6 db — váltható — mechanikus szűrő van. A szűrők anyagától függően a magminta érc tartalmának egyes komponensei külön meghatározhatók (72. ábra).

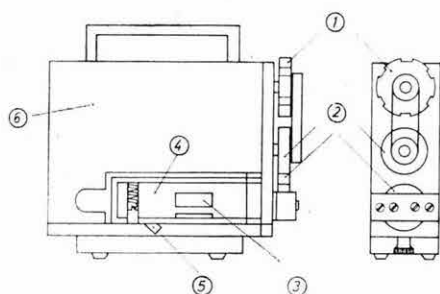


Fig. 72. XRF sample analyser

1 — filter changing wheel; 2 — filter changing transmission; 3 — equalized filter; 4 — detector (proportional tube); 5 — radiation source; 6 — electronic cartridge

Рис. 72. Устройство для анализа буровых кернов типа XRF

1 — ролик для смены фильтра; 2 — передача для смены фильтра; 3 — уравнивающий фильтр; 4 — детектор (пропорциональный счетчик); 5 — источник излучения; 6 — электронная схема

72. ábra. XRF magminta-elemző készülék

1 — szűrő-váltó kerék; 2 — szűrő-váltó áttétel; 3 — kiegyenlített szűrő; 4 — detektor (proporcionális cső); 5 — gerjesztő sugárforrás; 6 — elektronika

2.3.2 Nukleáris módszerfejlesztés

*Számított és modellezett neutronterek vizsgálata**

Az ELTE Geofizikai Tanszéke az ELGI megbízásából — négy csoportos diffúziós elmélet felhasználásával — elméleti görbeseregeket számított ki.

A négy csoportos neutron-diffúziós egyenletek megoldása kétréteges hengeres (fúrólyuk és réteg) modellre történt. A számítások eredményeképpen rendelkezésre állnak mészkő és homokkő mátrixokra termikus és epitermikus neutronokra olyan elméleti görbeseregek, amelyek megadják a d fúrólyukátmérő (0 mm-től 254 mm-ig), a szondahossz (30 cm-től 90 cm-ig) és a Φ_N neutron pozitítás (0—40%-ig) közötti kapcsolatot.

* Andrassy L.

Az ELGI-ben kidolgoztuk — a modellmérések adatainak felhasználásával — az elméleti görbeseregek módosítására vonatkozó számítási eljárást. Ezzel az elméleti görbesereget alkalmassá tettük gyakorlati feladatok megoldására. Az eljárást általánosítottuk a négycsoportos esetre is.

Amennyiben ismerjük a V térfogatú neutrondetektor dV térfogat elemében a neutronfluxus energia- és helyfüggését $[F(E, r)]$, továbbá a mérésre szolgáló magreakció $\Sigma^{(m)}(E)$ makroszkopikus hatáskeresztmetszetét, akkor az adott $t=t_0$ ideig tartó számlálási értéket (N) a következő összefüggés adja meg:

$$N = \int_{t_0} \int_V \int_E \Sigma^{(m)}(E) \varepsilon(E) F(E, r) dE dV dt \quad (1)$$

A mérőszonda megváltoztatja a fluxuseloszlást, s ezt a hatást az $\varepsilon(E)$ faktor fejezi ki.

Az (1) összefüggés a fizikai feltételek bizonyos egyszerűsítése után átalakítható, és alkalmassá válik a négycsoportos esetben elméletileg számított fluxusok és a mért beütésszámok számítására. Feltételezzük, hogy a $F(E, r)$ neutronfluxus a detektoron belül a helytől független és azonos a detektor $r=r_0$ geometriai középpontjára kiszámított elméleti fluxussal. Az energiát folytonos változóként tartalmazó (1) integrál a csoportfluxusok bevezetése után összeggé alakítható:

$$N = 60 V \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \int_{E_i'}^{E_i''} \Sigma^{(m)}(E) F(E, r_0) dE = 60 V \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \Sigma_i^{(m)} F_i(r_0) \quad (2)$$

ahol:

$\varepsilon_i = \varepsilon(E)$ átlaga az i -edik csoportban,

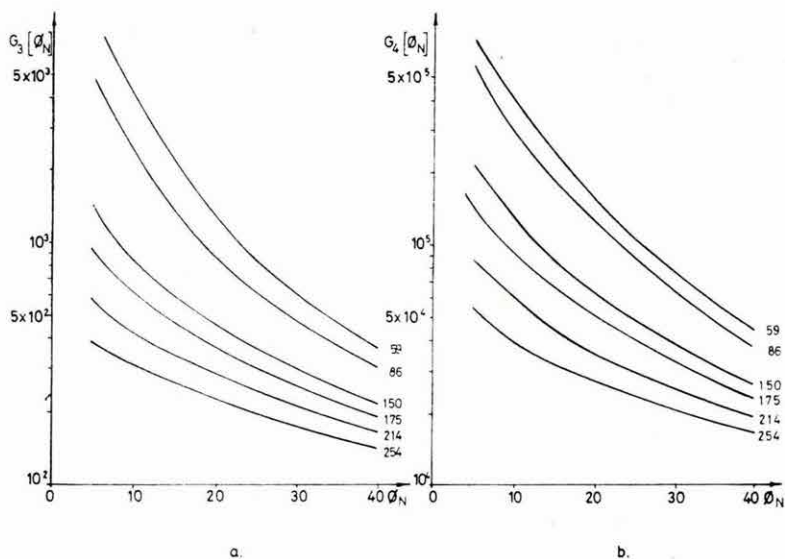
$\Sigma_i^{(m)} = \Sigma^{(m)}(E)$ átlaga ugyancsak az i -edik csoportban.

Az ε_i faktorokat az elméleti görbeseregek és hitelesítő mérések adatainak átszámításából kapjuk. A $\Sigma_i^{(m)}$ értékeket elméletileg határozzuk meg.

Az elméleti és modellezett neutronterek adatainak számításánál figyelembe kell vennünk, hogy a számítási és modellezési feltételek nem azonosak, ezért egyidejű egymás mellé rendelésük sem lehetséges. Amíg az elméleti számítások négycsoportos esetre a neutronok térbeli eloszlását szinte spektrálisan közelítik és írják le matematikai összefüggések segítségével, a modell és terepi mérések a csoportok szétválasztását nem teszik lehetővé (alapvetően a termikus neutronok detektálására szorítkoznak).

A mérési háttér pontosabbá tétele érdekében kísérleti jelleggel a mérőszonda detektorára kadmium szűrőt helyeztünk el. Az elméleti görbék és a hitelesítő mérések adatainak módosítására alkalmazott számítási eljárás főbb lépései:

1. A négycsoportos kétréteges elméleti görbeseregek — epitermikus neutronok (3-as index) és termikus neutronok (4-es index) — felhasználásával kiszámítjuk a szondaparaméterek (szondahossz, detektorhossz és detektorátmérő) és neutron forrásérősség figyelembevételével az elméleti görbék módosított alakját (73. ábra). Az ábrán $G_3(\Phi_N)=60 VC\Sigma_3^{(m)}F_3$ és $G_4(\Phi_N)=60 VC\Sigma_4^{(m)}F_4$, ahol C a forrásérősség.



73. ábra. Módosított elméleti görbék epitermikus (a) és termikus (b) neutronokra

Fig. 73. Modified master curves for epithermal (a) and thermal (b) neutrons

Рис. 73. Измененные теоретические кривые для сверхтепловых (a) и тепловых (b) нейтронов

2. Az elméleti görbeseregek módosított alakjának ismeretében termikus és epitermikus neutronokra felírjuk az ún. normálegyenleteket. Ezek az egyenletek kapcsolatot biztosítanak a modellmérésekkel meghatározott beütésszámok ($N_{\text{mért}}$), a $G_3(\Phi_N)$, $G_4(\Phi_N)$ értékek és a fluxus „depressziót” jellemző ε_3 és ε_4 faktorok között.

Általános alakjuk:

$$\begin{aligned} N_{3j} &= \varepsilon_3 G_{3j}(\Phi_{Nj}) + \eta_3 \text{ epitermikus neutronokra;} \\ N_{4j} &= \varepsilon_4 G_{4j}(\Phi_{Nj}) + \eta_4 \text{ termikus neutronokra,} \end{aligned} \quad (3)$$

ahol:

$j=1, 2, \dots, M$,

M = a hitelesítő pontok száma,

η_3 és η_4 = a szondaház jelenlétéből fakadó háttér értéke.

ε és η értékeit az alábbi minimum feltételekből kapjuk meg:

$$\sum_{j=1}^n \{N_{3j} - \varepsilon_3 [G_{3j}(\Phi_{N_j}) + \eta_3]\}^2 = \min. \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n \{N_{4j} - \varepsilon_4 [G_{4j}(\Phi_{N_j}) + \eta_4]\}^2 = \min.$$

Példaképpen bemutatjuk két különböző átmérőjű modellsoron végzett mérések adatait ($N_{\text{mért}}$), valamint a mérés statisztikus hibáját (σ), a (3) összefüggések segítségével számított beütésszám értékeket (N_{sz}) és a mért és számított beütésszám értékek különbségeit (II., III. táblázat).

II. táblázat

Φ_N	d = 214 mm							
	EPITERMIKUS				TERMIKUS			
	$N_{\text{mért}}$	σ	N_{sz}	$N_m - N_{\text{sz}}$	$N_{\text{mért}}$	σ	N_{sz}	$N_m - N_{\text{sz}}$
%								
14,86	491	35	506	-15	5419	116	5516	-97
16,97	472	34	459	+14	4888	111	4883	+5
20,50	397	31	388	+9	4273	103	4123	+150
41,00	207	23	212	-5	1745	66	1801	-56

III. táblázat

Φ_N	d = 150 mm							
	EPITERMIKUS				TERMIKUS			
	$N_{\text{mért}}$	σ	N_{sz}	$N_m - N_{\text{sz}}$	$N_{\text{mért}}$	σ	N_{sz}	$N_m - N_{\text{sz}}$
%								
14,20	1092	52	1073	+19	12 163	174	12 000	+163
19,10	775	44	807	-32	8 806	148	9 049	-243
36,00	406	32	394	+12	3 132	88	3 052	+80

A táblázatokban szereplő modellátmérőkön kívül lineáris interpolálás segítségével tetszőleges átmérőkre is kiszámíthatók az ε és η paraméterek. A következő transzformációs egyenletek segítségével lehetőség nyílik a módosított görbesereg alkalmazására:

$$G_{3j}(\Phi_{N_j}) = \frac{N_{3j} - \left[\frac{\Delta \eta_3}{\Delta d} (d - 150) + \eta_3 \right]}{\varepsilon_3 - \left[\frac{\Delta \varepsilon_3}{\Delta d} (d - 150) \right]} \quad (5)$$

$$G_{4j}(\Phi_{N_j}) = \frac{N_{4j} - \left[\frac{\Delta \eta_4}{\Delta d} (d - 150) + \eta_4 \right]}{\varepsilon_4 - \left[\frac{\Delta \varepsilon_4}{\Delta d} (d - 150) \right]}$$

Az ε és η értékek a $d=150$ mm-es bázisátmérőre vonatkoznak. A transzformáció elvégzése után a kiszámított $G_3(\Phi_N)$ és $G_4(\Phi_N)$ értékek és a fúróluk átmérőjének ismeretében a módosított elméleti görbeseregekből a Φ_N neutronporozitás értékek meghatározhatók.

*Természetes γ -sugárzás spektrális összetételének vizsgálata**

A kőzetek összetételének (radioaktív elemeinek) meghatározására módszertani vizsgálatokat végeztünk, a természetes gamma-sugárzás energia-szelektív szelvényezési eljárásának alkalmazásával. E kutatásokra az INTERGEOTECHNIKA 5.1.1 feladata keretében került sor.

A szelvények kiértékelése során meghatároztuk a kőzetek tórium, urán és kálium tartalmát, amely fontos adatokat szolgáltat a fúrások által harántolt kőzetek agyagtartalmának mennyiségi és minőségi meghatározásához, a kőzetek litológiai vizsgálatához, a rétegtani korrelációhoz, stb.

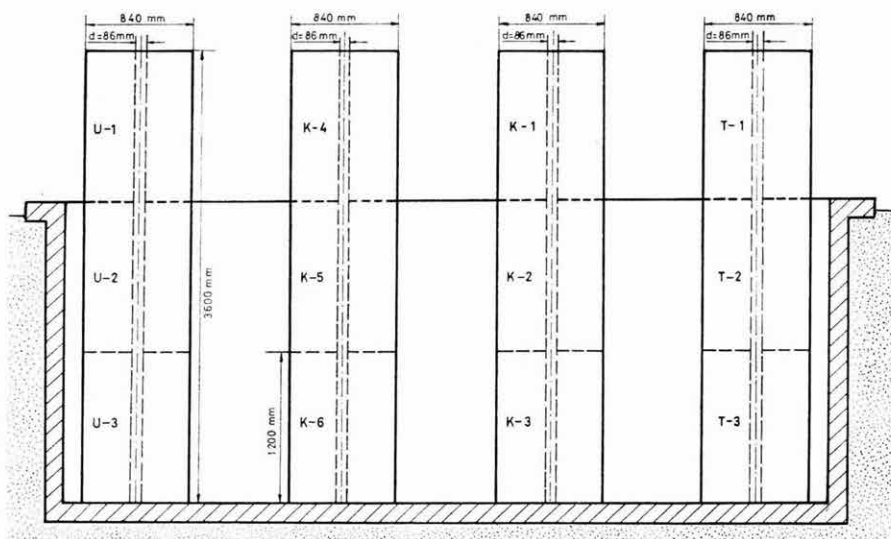
A tórium, urán és kálium tartalom meghatározásához szükség van a karotázs mérőberendezések energia-hitelesítésére, valamint a megfelelő radioaktív anyagtartalom meghatározásához a mérőműszerek kvantitatív hitelesítésére. A mérésekhez a KRGE—1—120—60 s energia-szelektív szondákból és a KRF—4—12 An felszíni egységből álló mérőrendszert használtuk, amelynél az alkalmazott energia ablakok a következők:

1. ablak (K—40 izotóp	— 1,46 MeV)	1,34—1,55 MeV
2. ablak (RaC módosulat	— 1,76 MeV)	1,60—2,03 MeV
3. ablak (ThC'' módosulat	— 2,62 MeV)	2,45—3,00 MeV
4. ablak (kváziintegrális)		1,34—3,00 MeV.

Vizsgálatainkhoz az ELGI-ben elkészítettünk egy etalonrendszert, és ezt használtuk fel a fúrások által harántolt kőzetek természetes gamma-sugárzásának kvantitatív tanulmányozására. Az etalon rendszer sematikus vázlata a 74. ábrán látható. Az egyes rétegek egymástól hermetikusan el vannak zárva, a radioaktív bomlás során keletkező radon illetve toron gázok elillanásának megakadályozása céljából. Az etalon rendszer 6 db különböző kálium és 3—3 db különböző tórium illetve urán tartalmú rétegből áll. Ezek radioaktív anyagtartalma — a radioaktív érckutató fúrásokat kivéve — átfogja a karotázs gyakorlatban előforduló értékek tartományát.

A rendelkezésre álló etalonsorral hitelesítettük az említett karotázs berendezést. Az ASA 1024—16 berendezéssel felvett spektrumok kvantitatív hitelesítését az egyes radioaktív komponensekre elvégeztük. A kapott impulzusszámok és az egyensúlyban levő természetes radioaktív anyagok között lineáris

* Dorkó R.



74. ábra. Etalonsor spektrális természetes-gamma mérések hitelesítésére

Fig. 74. Standard sample array for calibrating gamma ray measurements

Рис. 74. Серия эталонов для калибровки измерения спектра естественного гамма-излучения

összefüggéseket kaptunk. A 75. ábrán példaként bemutatjuk a tórium tartalom és az impulzus számok közötti összefüggéseket a különböző energia-ablakokban. A hitelesítési egyenesek iránytangensének ismeretében kiszámítottuk az egyes természetes radioaktív anyagtartalmak mennyiségét. Ennek számítására folyamatos szelvényezés esetében a lefejtéses — stripping — módszert használtuk, míg az ASA—1024—16 berendezéssel végzett pontmérések esetében az effektív csúcs alatti terület — netto area — módszerét alkalmaztuk. A stripping módszer kiértékelési egyenletrendszere a következő:

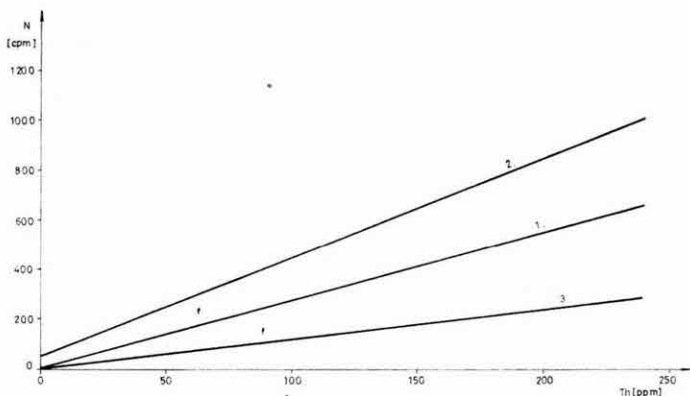
$$N_3 = m_{3t} \cdot Th$$

$$N_2 = m_{2u} \cdot U + m_{2t} \cdot Th \quad (6)$$

$$N_1 = m_{1k} \cdot K + m_{1u} \cdot U + m_{1t} \cdot Th$$

ahol:

- $N_{1,2,3}$ — a különböző energia ablakokban felvett impulzusszámok;
 $m_{i,j}$ — megfelelő energia ablakban a vizsgált radioaktív anyagtartalom és kapott impulzusszám közötti összefüggés;
 K, U és Th — rendre a kálium, urán és tórium tartalom.



75. ábra. Hitelesítő összefüggés a tóriumtartalom és a beütésszám között

1. csatorna: $E_\gamma = 1,34 - 1,55 \text{ MeV}$ $C_{T1} = 0,3717 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

2. csatorna: $E_\gamma = 1,60 - 2,03 \text{ MeV}$ $C_{T2} = 0,2526 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

3. csatorna: $E_\gamma = 2,45 - 3,00 \text{ MeV}$ $C_{T3} = 0,8179 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

Fig. 75. Relationship between thorium content and counts to be used for calibration

Channel 1: $E_\gamma = 1.34 - 1.55 \text{ MeV}$; $C_{T1} = 0.3717 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

Channel 2: $E_\gamma = 1.60 - 2.03 \text{ MeV}$; $C_{T2} = 0.2526 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

Channel 3: $E_\gamma = 2.45 - 3.00 \text{ MeV}$; $C_{T3} = 0.8179 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

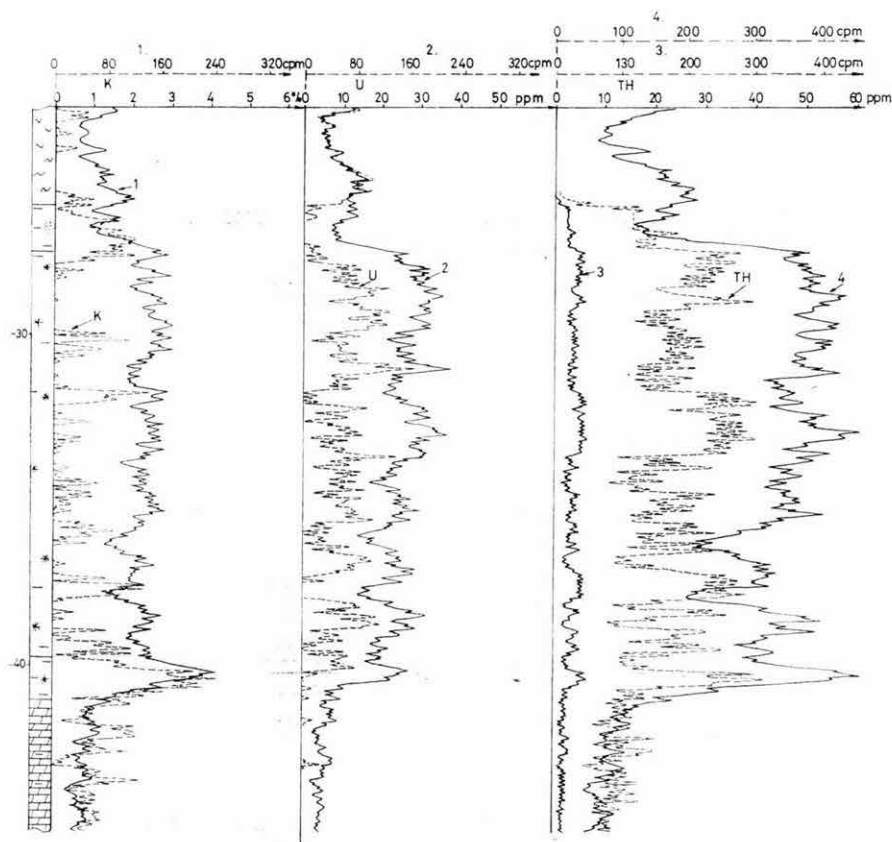
Рис. 75. Калибровочная кривая зависимости содержания тория в образце от числа импульсов

канал 1: $E_\gamma = 1,34 - 1,55 \text{ мэВ}$; $C_{T1} = 0,3717 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

канал 2: $E_\gamma = 1,60 - 2,03 \text{ мэВ}$; $C_{T2} = 0,2526 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

канал 3: $E_\gamma = 2,45 - 3,00 \text{ мэВ}$; $C_{T3} = 0,8179 \frac{\text{ppmTh}}{\text{cpm}}$

A „netto area” módszernél egyszerű lineáris összefüggés van a kapott impulzus-szám és a megfelelő radioaktív anyagtartalom között. A fentiek alkalmazására példaképpen bemutatunk egy bauxitos fúrásban felvett szelvényt (76. ábra). Látható, hogy a bauxitos összleten belül jól elkülöníthetők az agyagosabb betelepülések.



76. ábra. GF—2-es bauxitkutató fúrásban felvett spektrális természetes-gamma szelvény és mennyiségi kiértékelése

1 — Kálium csatorna; 2 — Urán csatorna; 3 — Tórium csatorna; 4 — Integrális csatorna

Fig. 76. Spectral gamma ray log run in bauxite well GF—2 and its quantitative interpretation

1 — potassium channel; 2 — uranium channel; 3 — thorium channel; 4 — integral channel

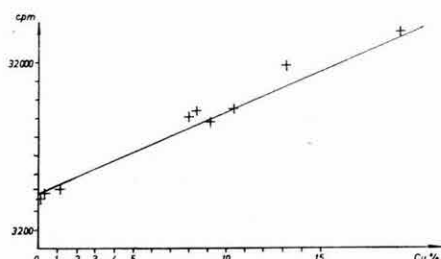
Рис. 76. Кривая спектра естественного гамма-излучения, полученная в бокситовой скважине GF—2 и ее количественная интерпретация

1 — канал калия — 2 канал урана; 3 — канал тория; 4 — интегральный канал

2.3.3 Terepi módszertani vizsgálatok*

Bányabeli röntgenradiometriai vizsgálatok keretében a recski mélysínt kutató fúrásaiban továbbfejlesztettük a röntgenradiometriai mérési módszert és technológiát. A pontszerű mérések mellett bevezettük a folyamatos mérést is, amely száraz és vízzel (iszappal) telített fúrólukokban is egyaránt végezhető. A mérési technológia fejlesztése mellett módszertani szempontból alapvető feladatunkat képezte a szelvények mennyiségi értékelése, nevezetesen a fúrásokkal harántolt érces zónák réztartalmának megállapítása.

A röntgenradiometriai vizsgálatokat komplex karotázs szelvényezés keretében egy KRGE—1—50—36x típusú szondával végeztük. Energia-szelektív üzemmódban 7,8—8,6 KeV energiatarományban (0,8 KeV-es energiaablakban) mértünk. A fúrás maganyagán az OÉÁ Vállalat 10 cm-ként kémiai elemzést végzett, ezért a fúrásban felvett röntgenradiometriai adatsort is 10 cm-ként átlagoltuk, majd összevetettük a kémiai elemzés adataival. Így olyan összefüggést kaptunk, amely lehetővé teszi, hogy a fúrásban mért adatokból megállapíthassuk a kőzetek réztartalmát (Cu%-ban). A kapott adatok alapján az alkalmazott berendezéssel 0,3—0,4%-nál nagyobb Cu tartalom megbízhatóan kimutatható. A berendezés hitelesítési diagramját a 77. ábra mutatja.



77. ábra. Röntgenradiometriai berendezés hitelesítési diagramja

Fig. 77. Calibration diagram of XRF equipment

Рис. 77. Калибровочная кривая рентгенорадиометрической аппаратуры

Széntelepek hamutartalmának vizsgálata. A kőszén kutatására szolgáló optimális mérési komplexum kialakításával egyidejűleg kidolgoztunk egy olyan mérési és feldolgozási eljárást, amely egyes kőszének hamutartalmának meghatározására alkalmas.

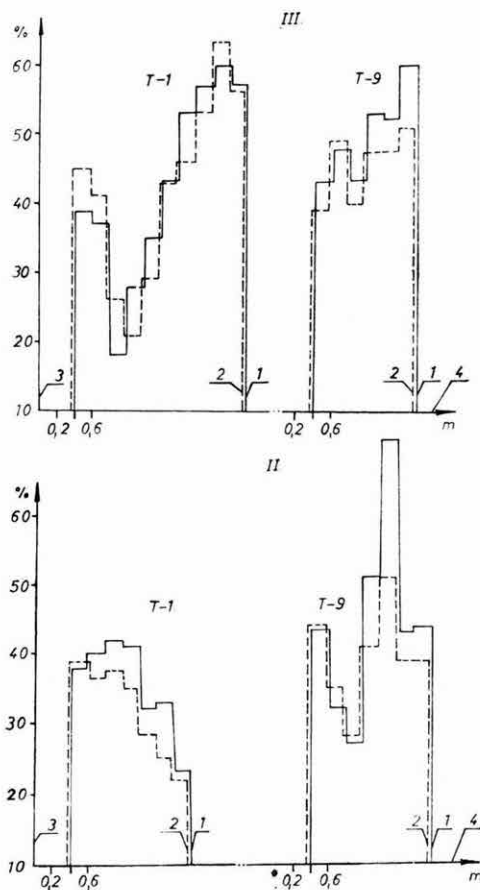
1980-ban a kőszénkutató karotázs mérések döntő hányadát a Nógrádi Szénbányák mizserfai kutatási területén végeztük, ezért e terület mérési anyagát használtuk fel a mérések módszertanának kidolgozásához.

Megvizsgáltuk a telepek keletkezési és szerkezeti viszonyait, a térfogatsúly és természetes aktivitás koordináta-rendszerében kialakított háromszögdiagram segítségével (cross-plot ábrázolás) a szén, a homok és az agyag paramétereinek megfelelő csúcspontokkal. Az így szerkesztett görbék újszerűen, ugyanazon telepekre azonos módon (a háromszögdiagramban elfoglalt helyzetük alapján)

* Békés T., Honos P., Karas Gy., Morvai L., Szunyogh F., Viola B.

tükrözik a telep szerkezetét s hozzájárulnak ahhoz, hogy a telepeket egyértelműen azonosíthassuk.

A hamutartalom meghatározását egyrészt a térfogatsúly megállapításával $\gamma-\gamma$ szelvényekből, másrészt az effektív rendszámra érzékeny szelektív $\gamma-\gamma$ mérésekből végeztük. A feldolgozáshoz szükséges szénlaboratóriumi adatokat a Nógrádi Szénbánya Vállalat bocsátotta rendelkezésünkre. A 78. ábrán feltüntettük a T—1 és T—9 jelű fúrások III. és II. telepére a $\gamma-\gamma$ szelvényből számított hamutartalom értékeket és a laboratóriumi elemzési adatokat. Látható, hogy a mért és számított értékek jól egyeznek.



78. ábra. T—1 és T—9 jelű fúrások hamutartalmának adatai

1 — laboratóriumi adatok; 2 — geofizikai mérésekből számított adatok; 3 — hamutartalom; 4 — telepvastagság

Fig. 78. Ash content data of boreholes T—1 and T—9

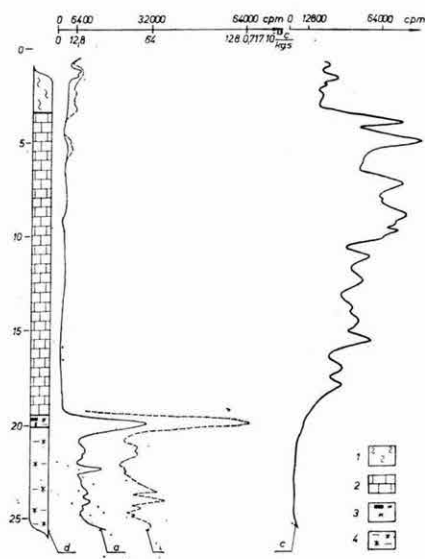
1 — laboratory data; 2 — data calculated from geophysical measurements; 3 — ash content; 4 — bed thickness

Рис. 78. Данные о зольности, полученные в скважинах Т—1 и Т—9

1 — лабораторные данные; 2 — данные, полученные по геофизическим наблюдениям; 3 — зольность; 4 — мощность пласта

Bányabeli bauxitkutatás. A Tatabányai Szénbányák Vállalat csordakúti üzemében az év folyamán kísérleti, majd rutinszerű karotázs méréseket végeztünk. Méréseinket a bányavágatokban mélyített száraz fúrásokban hajtottuk végre. Célunk az volt, hogy kimutassuk a széntelepek alatt elhelyezkedő bauxittesteket.

A bauxittelemek lehatárolására és közelítő minőségi becslésére a külszíni fúrásokban kialakított neutronaktivációs metodikát használtuk fel és a bányabeli követelményeknek megfelelően átalakított mérési technológiát alkalmaztuk. A 79. ábrán bemutatjuk a Csbb—46 jelű fúrás mérési anyagát.



79. ábra. Csbb—46 jelű fúrás mérési eredményei és értelmezése

a — természetes-gamma szelvény; b — n-aktívációs szelvény; c — neutron-neutron szelvény; d — geofizikai rétegsor; 1 — márga; 2 — mészkő; 3 — szenes, agyagos bauxit; 4 — agyagos bauxit

Fig. 79. Measurement results of well Csbb—46 and their interpretation

a — gamma ray log; b — n-activation log; 3 — neutron-neutron log; d — geological log; 1 — marl; 2 — limestone; 3 — bauxite with coal and clay content; 4 — bauxite with clay

Рис. 79. Каротажные данные, полученные в скважине Csbb—46 и их интерпретация

a — кривая ГК; b — кривая нейтронной активации; c — кривая ННК; d — геофизический разрез: 1 — мергели; 2 — известняки; 3 — угольные, глинистые бокситы; 4 — глинистые бокситы

2.3.4 Számítógéppel vezérelt, kalkulátorral kiegészített terepi karotázs szelvényező- és gyorskiértékelő rendszerek fejlesztése*

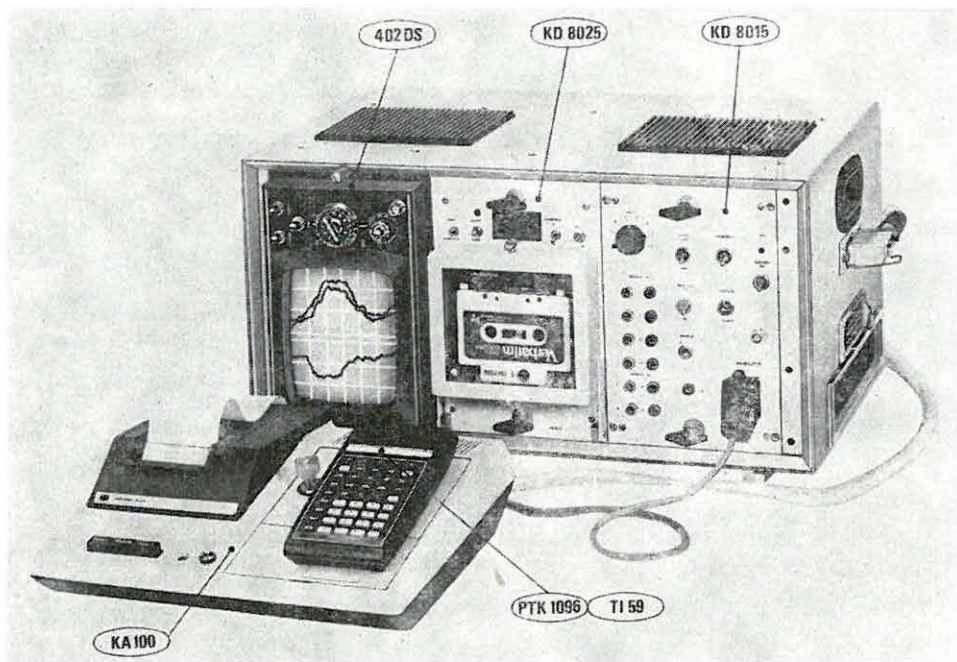
Az INTERGEOTECHNIKA 5.4.1 feladata keretében kifejlesztett KD—20 típusú, mikroszámítógéppel vezérelt karotázs mérő- és gyorskiértékelő állomás nemzetközi approbációja 1980 folyamán sikeresen lezajlott. Ezt követően 1980 novemberében bemutató mérést végeztünk Csehszlovákiában. A berendezést az ELGI 1978-as Évi Jelentésében ismertettük.

Az 1980-ban kifejlesztett digitális KD—30 típusú, kalkulátorral kiegészített műszer (80. ábra) mechanikai és elektromos felépítésével, egyszerű kezelési technikájával az ELGI K—500-as családjához illeszkedik, de bármilyen más — nagyobb mélységű mérésekre alkalmas — karotázs-rendszerhez is illeszthető. A mérő- és gyorskiértékelő rendszer blokkvázlata a 81. ábrán látható.

A mérőberendezés lehetővé teszi az interaktív kiértékelést, azáltal hogy a KD—30 típusú berendezésbe épített katódsugárcsöves megjelenítőn négy csatorna mérési eredményének utolsó 25 méteres szakasza látható és a megjelení-

* Baráth I., Dankházi Gy., Horváth F., Josepovits Gy., Morvai L., Pákozdi I., Szongoth G.

tett görbék követik a szonda mozgását. Ennek folyamán a réteghatárok vagy a maximum-minimum helyek kijelölhetők. A képcsövön haladó görbék utolsó negyedében, a mélységtengelyre merőleges, álló fénycsík helyezkedik el. A fénycsík által kijelölt mérési adatok és az aktuális mélységérték egy, a berendezés-



80. ábra. KD—30 gyorskiértékelő

Fig. 80. KD—30 express processing system

Рис. 80. Аппаратура для экспресс-обработки данных типа KD—30

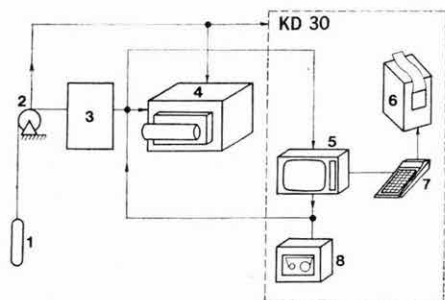


Fig. 81. Block diagram of measuring and express processing system

1 — downhole tool; 2 — depth marker generator; 3 — surface panels; 4 — photorecorder; 5 — display; 6 — printer; 7 — calculator; 8 — digital store

Рис. 81. Блок-схема аппаратуры экспресс-обработки

1 — скважинный прибор; 2 — метчик глубин; 3 — наземная аппаратура; 4 — фоторегистратор; 5 — дисплей; 6 — печатающее устройство; 7 — вычислительное устройство; 8 — цифровое запоминающее устройство

81. ábra. A mérő- és gyorskiértékelő rendszer blokkvázlata

1 — lyukműszer; 2 — mélységjeladó; 3 — felszíni műszerek; 4 — fotoregisztráló; 5 — display; 6 — nyomtató; 7 — számítógység; 8 — digitális tároló

hez csatolt kalkulátorba továbbíthatók, ha a kezelő az adott pontban kiértékelést kíván végezni.

A PTK 1096 típusú kalkulátor — a KA—100 típusú nyomtató segítségével — párbeszédessé kiértékelést biztosít. A kiértékeléshez szükséges konstans értékeket a nyomtaton megjelenő kérdésekre válaszolva adjuk meg. Az alkalmazott kalkulátor utasításkészlet és tárolókapacitás tekintetében a közismert TEXAS gyártmányú TI—59 gyártmánycsaládba tartozik. A kiértékelés — a megrendelő kívánsága szerint — elektronikus tárolóban (ROM) elhelyezett, vagy mágneskártyára rögzített programok segítségével történhet. A programok az elméleti számításoknak vagy empirikus formuláknak megfelelő korrekciókat egyszerűsített képletek segítségével számítják, igen jó közelítéssel. A programrendszer víz-, szén-, bauxit- vagy uránkutató fúrások kiértékelésére készült és egyszerre öt réteg kiértékelésére alkalmas. Az eredmények nyomtaton jelennek meg. A kiértékelés vagy a terepen, a méréssel egyidejűleg vagy később, mágnesszalagról történő visszajátszás közben végezhető el.

Többparaméteres méréseknél a berendezéssel korrigálható a szondaérzékelők távolságából adódó mélységtolódás; a korrekció nélkülözhetetlen a helyi gyorskiértékelésnél. Az alkalmazott kazettás mágnesszalag adatainak beadásához az ELGI illesztő egységeket is kifejlesztett különféle számítógépekhez [Pl. ESz 1010 (R—10); TPA/S; MINSZK—32; HP 9825 és HP 9845].

2.3.5 A mélyfúrási geofizikai adatok számítógépes feldolgozása

*Mélyfúrási geofizikai információkat értelmező rendszer**

Az ESZ—1035 típusú számítógép üzembehelyezésével egyidejűleg elkezdtük egy mélyfúrási geofizikai információkat értelmező rendszer (SZIVER) kifejlesztését, amely a szilárdásvány- és vízkutató fúrásokban mért adatok feldolgozását és értelmezését végzi.

A megvalósítás első fázisában FORTRAN—IV. nyelven a következő módszerek programozására, illetve adaptálására került sor:

- a szelvények automatikus relatív mélységegyeztetése,
- a szelvények pontonkénti korrekciója görbeseregek alapján
- Cross-plotok, ezen belül frekvencia- és Z-plotok készítése,
- mélységpontonként történő statisztikus litológiai értelmezés,
- a réteghatárok kijelölése korrelációval,
- a rétegek jellemző értékeinek meghatározása,
- rétegenkénti korrekciók görbeseregek alapján,
- rétegenként történő litológiai értelmezés,

* Szendrő D.

- nyersanyagtól függő értelmezések (pl. porozitás, térfogatsúly, víztelítettség, érctartalom, fűtőérték, hamutartalom, stb. számítása) görbeseregek segítségével.

A programrendszer tovább fejlesztése a későbbiek során lehetővé teszi mind a kutankénti, mind pedig a területi feldolgozás megvalósítását.

*Korrelációs módszer az akusztikus terjedési sebesség és a csillapodás egyidejű meghatározására**

Kifejlesztettünk egy olyan korrelációs módszert, amely alkalmas a longitudinális és transzverzális hullámcsomag kijelölésére, jellemzőinek meghatározására és — megfelelő feltételek esetén — a direkt hullám felismerését is lehetővé teszi. A direkt hullám kijelölése lehetőséget ad a mérés pontosságának meghatározására úgy, hogy a direkt hullám terjedési sebességét összehasonlítjuk a vízben mérhető terjedési sebesség jól ismert értékével. Ugyanakkor a kőzetfolyadék ténylegesen mért terjedési sebességét fel kívánjuk használni az akusztikus porozitás számításához.

A korrelációs módszer két fő lépésből áll:

1. Minden egyes mélységpontban a korrelációs függvény előállítás, a maximum megkeresése,
2. A korrelációval kapott Δt érték minősítése, a Δt szelvény folytonosságának kritériuma alapján.

A korrelációs eljárással kapott jellemzők:

- a korreláció jósága;
- a terjedési időnek megfelelő Δt időeltolódás a két vevő között;
- mindkét vevőn a korrelált hullámcsomag összenergiája (amplitúdók négyzetösszege).

Ezekből az adatokból a Δt -, a sebesség-, az amplitúdó- (illetve amplitúdóarány) és a csillapodás-szelvény megrajzolható.

A fentiekben ismertetett korrelációs módszer a beérkezett jelalakok azonoságának vizsgálatán alapszik, ezért — megfelelő kezdeti feltételek esetén — egyaránt alkalmas a longitudinális és transzverzális hullámcsomagok felismerésére, korrelálására.

A direkt hullámcsomag kijelölése ugyancsak hasonló módon történhet, így a fűrőlyukban levő folyadék terjedési sebességét közvetlenül is meghatározhatjuk, amelyet az akusztikus porozitás számításához használunk fel.

A longitudinális és transzverzális sebességek és csillapodások meghatározása olyan kőzetfizikai jellemzők kiszámítását teszi lehetővé, amelyek más módon csak becsülhetők. Elsősorban a kőzetek szilárdsági, rugalmassági állan-

* Békássy Cs.

dóinak számítása, meghatározása jelent olyan eredményt, amely közvetlenül felhasználható adatokat szolgáltat a fúrással harántolt kőzetekben levő feszültségi viszonyokról. Legfontosabbnak tartjuk a bányabiztonságot közvetlenül is érintő kőzetfeszültségi viszonyok tanulmányozását, de a víz- és kőolajbányászatban is jelentős szerepet játszanak a termelő rétegek kőzetfeszültségi- és telítettségi viszonyai. A számításokhoz a longitudinális és a transzverzális hullámok terjedési sebessége mellett a gamma-gamma szelvényezésből kapott térfogatsúly értéke szükséges, így — az irodalomból jól ismert képletek alapján — a következő kőzetszilárdsági jellemzők számíthatók: Poisson szám, Young modulus, inkompresszibilitási modulus (térfogati rugalmasság) és nyírási modulus.

Ha a korrelációs analízis eredményeként kapott sebességértékeket behelyettesítjük ezeknek az állandóknak jól ismert összefüggéseibe, akkor az így kapott kőzetszilárdsági szelvényeket használhatjuk fel az egyes rétegek értelmezésénél. További lehetőség az akusztikus hullámcsomagok energiaviszonyainak elemzése, amelyet a csillapodási szelvény előállítására, valamint a longitudinális és a transzverzális hullámcsomagok energiaarányának szelvényyszerű megjelenítésére használhatunk fel. Ez utóbbi szelvény elsősorban az olajkutató fúrásokban végzett kísérleti mérések értelmezéséhez szükséges, a különböző folyadékokkal telített rétegek közötti kontaktus kijelölésére.

2.3.6 A cementgyártás agyag alapanyagainak laboratóriumi vizsgálata*

A Hejőcsabai Cementgyárral, ill. a váci Cement és Mészművekkel kötött kutatási-fejlesztési együttműködés keretében az 1980. évben sikeresen kidolgoztuk a cementgyártáshoz szükséges agyag alapanyagok ipari pontosságú műszeres analitikai vizsgálatának módszertanát, és létrehoztuk a feladat megoldására alkalmas ipari gyorselemző automatát (MTA—1527—2000).

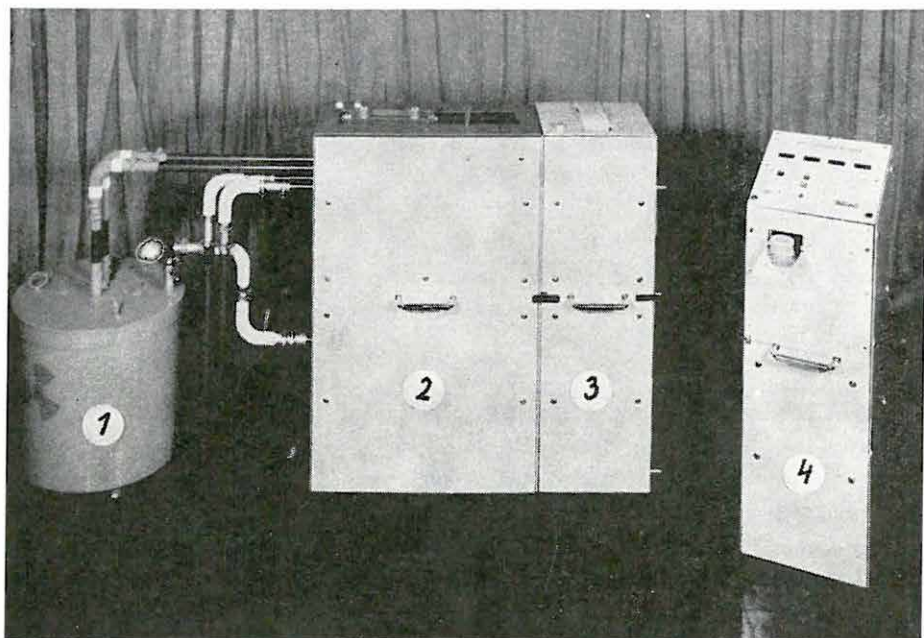
A cementgyártás ipari folyamatirányításához szükséges az agyag alapanyagok SiO_2 , Al_2O_3 , CaO és Fe_2O_3 komponenseinek pontos ismerete. A bauxitbányászat és alumínium feldolgozás céljaira kifejlesztett eddigi műszereinktől eltérően — olyan műszert kellett kidolgozni, amely a hagyományosan kialakított berendezésektől lényegesen eltérő mérési feltételek között üzemel.

Komponens	Bauxitok	Agyagok
Al_2O_3	45—55%	12—23%
SiO_2	4—13%	52—75%
CaO	0,4— 3%	0,4— 3%
Fe_2O_3	18—25%	3— 7%

* Renner J., Siklós A.

A következő táblázatban összehasonlításként közöljük a fenti négy komponensre vonatkozóan a bauxitok és cementipari anyagok tipikus koncentráció tartományát.

A SiO_2 és Al_2O_3 komponenseket továbbra is neutronaktivációs analízis (NAA) segítségével határozzuk meg. Kidolgoztunk és létrehoztunk egy új típusú aktiváló egységet, amelyben a termikus neutronteret oly mértékben megnöveltük, hogy alkalmas legyen a viszonylag kisebb mennyiségű Al_2O_3 komponens ipari pontosságú mérésére is. Változtatások történtek továbbá az XRF módszerrel működő, CaO és Fe_2O_3 meghatározó egységekben. A CaO meghatározását



82. ábra. Az MTA—1527—2000 típusú berendezés cementipari agyagok vizsgálatára

1 — aktiváló egység; 2 — pneumatikus egység a tetején elhelyezett mintatárolóval; 3 — NAA detektáló egység és eredmény-nyomtató; 4 — XRF mérőegység, elektronikus vezérlő és aritmetikai egység

Fig. 82. MTA—1527—2000 equipment for analysing clays of the cement industry

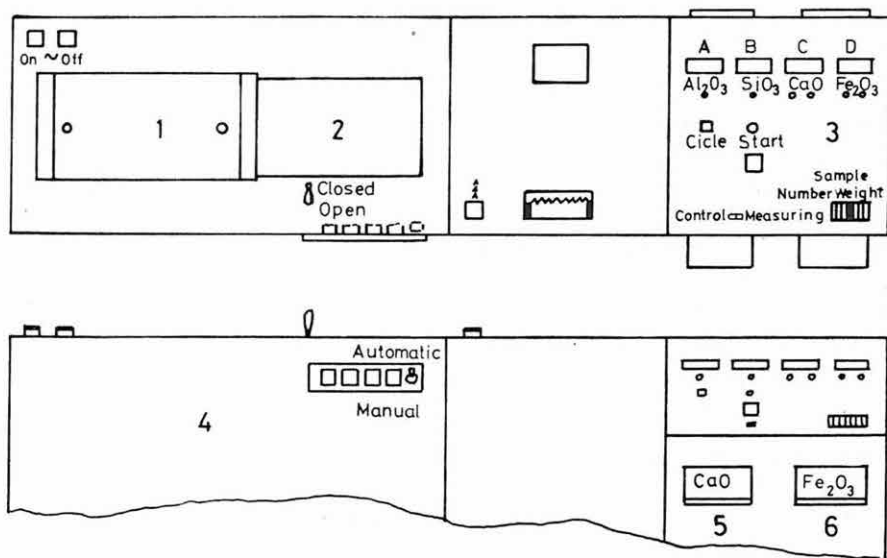
1 — activation unit; 2 — pneumatic unit with sample holder on top; 3 — NAA detector unit and printer; 4 — XRF measuring unit, electronic control and arithmetical unit

Рис. 82. Аппаратура типа МТА-1527-2000 для анализа глин, необходимых для производства цемента

1 — активационное устройство; 2 — пневматическая система с устройством для хранения проб; 3 — устройство измерения NAA и печатающее устройство; 4 — измерительное устройство XRF, электронное устройство управления и арифметическое устройство

impulzus preszettel oldottuk meg. A preszet csatorna segítségével kiküszöböltük a minták eltérő mátrixából eredő abszorpciós hatást. Az Fe_2O_3 meghatározásánál elektronikus szempontból az előbbiekkal azonos, de mérés technikailag más megoldást választottunk. A nagyobb energiájú karakterisztikus sugárzás miatt a mátrixhatás jelentősége kisebb, ezért itt az időpreszet megvalósítása látszott célszerűnek.

A 82. ábra az agyagvizsgálatok céljára kialakított MTA—1527—2000 típusú berendezést mutatja be, a 83. ábra a berendezés elvi összeállítási rajzát, a 84. ábra pedig az automatikus, illetve kézi úton működtethető pneumatikus rendszer elvi összehasonlítási rajzát tartalmazza.



83. ábra. Az MTA—1527—2000 típusú berendezés elvi működési rajza

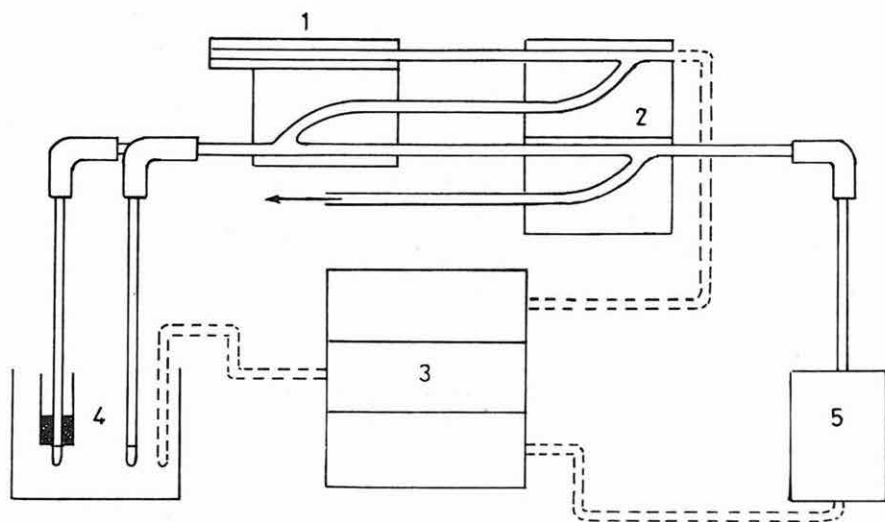
1 — mintatároló; 2 — nyomtató egység; 3 — display egység; 4 — kézi vezérlő; 5 — CaO meghatározó; 6 — Fe_2O_3 meghatározó

Fig. 83. Sketch of operation of MTA—1527—2000 equipment

1 — sample holder; 2 — printer; 3 — display; 4 — manual control; 5 — CaO detector; 6 — Fe_2O_3 detector

Рис. 83. Принципиальная схема аппаратуры типа МТА-1527-2000

1 — устройство для хранения проб; 2 — печатающее устройство; 3 — дисплей; 4 — устройство ручного управления; 5 — устройство для определения концентрации CaO ; 6 — устройство для определения концентрации Fe_2O_3



84. ábra. Pneumatikus rendszer működési rajza

1 — mintatároló; 2 — pneumatikus váltórendszer; 3 — pneumatikus motorok; 4 — aktiváló egység a neutronforrással; 5 — detektáló egység

Fig. 84. Operation of the pneumatic system

1 — sample holder; 2 — pneumatic switch system; 3 — pneumatic motors; 4 — activation unit with neutron source; 5 — detector unit

Рис. 84. Схема работы пневматической системы:

1 — устройство для хранения проб; 2 — пневматическая сменная система; 3 — пневматические двигатели; 4 — активирующее устройство с источниками нейтронов; 5 — детектирующее устройство

3 FÖLDFIZIKAI KUTATÁS

A Tihanyi Obszervatóriumban folyamatosan regisztráltuk a *földmágneses tér* F totális értékét és D , H , Z komponenseit, az előző évi jelentésben ismertetett rendszerekkel.

Tájékoztató adatként közöljük, hogy a leggyakrabban használt mágneses paraméter, a deklináció 1980. évi középértéke a Tihanyi Geofizikai Obszervatórium mérései szerint:

$$\bar{D}_{1980,5} = 1^\circ 12'$$

A Tihanyi Geofizikai Obszervatórium koordinátái:

$$\varphi = 46^\circ 54,0' \text{ N}$$

$$\lambda = 17^\circ 53,6' \text{ E}$$

$$h = 187 \text{ m}$$

Ebben az évben is végeztünk összehasonlító méréseket a környező országok obszervatóriumaiban, amelyek megadták a folyamatos ellenőrzés lehetőségét.

Tovább folytattuk az országos mágneses alaphálózat mérését, azaz az F , D és H meghatározását az alappontokon.

Az *ionoszféra-magnetoszféra* kutatás keretében a whistlereket a Tihanyi Obszervatóriumban felállított berendezéssel az egész év folyamán regisztráltuk. A mérési anyag statisztikai feldolgozását elvégeztük, kiszámítottuk az elektronsűrűség-profilokat. Teljesítettük az ezekkel kapcsolatos adatszolgáltatási kötelezettségeinket.

Érdekes jelenséget találtunk az MTA GGKI Nagycenk melletti obszervatóriumában észlelt gyöngypulzációk és a Tihanyi Obszervatórium whistler regisztrátumainak összevetése során. Az előfordulási gyakoriságok igen jó korrelációt mutatnak több évre visszamenőleg és az utóbbi időben a gyakoriság mindkettőnél rendkívül alacsony szintet ért el. Ezek alapján feltételezhető, hogy az előfordulásban van egy, a napfoltciklussal egyező periodicitás is.

A whistlerok csökkenő száma és a korábbiaknál gyengébb minősége indokolta tette más regisztrálási és feldolgozási módszer kidolgozását. A BME Mikro-

* Csapó G., Hegymegi L., Lomniczi T., Mártonné Szalay E., Pollhammer Mné, Sárhidai A., Szabó Z., Tóth P., Varga P.

hullámú Híradástechnikai Tanszékével együttműködve elkészítettük egy digitális whistler vevő és előfeldolgozó berendezés elvi terveit és modellkísérleteken igazoltuk azok használhatóságát.

A feldolgozás további gépesítése érdekében megkezdtük egy adatbank létrehozását, amely minden eddigi észlelési anyagot tartalmazni fog.

A földi árapály megfigyelés témakörében Tihanyban felállítottuk a Darmstadti Műszaki Főiskola La Coste—Romberg típusú regisztráló graviméterét, amellyel előreláthatólag 2—3 éves megfigyelési sorozatot fogunk végezni. Az év első felében Askania graviméterrel árapály megfigyeléseket végeztünk Pencen a Kozmikus Geodéziai Observatóriumban, majd az év második felében osztrák—magyar együttműködés keretében a Grazi Műszaki Egyetem megfigyelő állomásán kezdtünk megfigyeléseket.

A Kőolaj és Földgázbányászati Vállalat (Nagykanizsa) megbízásából megfigyelőkutakon végzett nyomásvizsgálatok adatait felhasználva kísérletet tettünk a tároló porozitásának meghatározására. Mint ismeretes, a Föld árapálya a kéreg (és ezzel együtt természetesen a tározó közet) deformálódását eredményezi. Hatására a tározó hézagterefogatának, porozitásának megváltozását követően a fúrólukba folyadék préselődik és ez nyomásváltozást eredményez. A nyomásváltozás (P) és a porozitás (Φ) közti kapcsolat leírására Robinson és Bell munkájából kiindulva az alábbi kifejezés adható meg:

$$\Phi = \left[\frac{(2h - 6l)A \cdot E_F \cdot E_E}{P} - E_F \right] \cdot \frac{1}{E_R - E_F}, \quad (7)$$

ahol

h és l — a rugalmas Föld viselkedését leíró Love számok,

A — a merev, rugalmatlan Föld esetére érvényes elméleti dilatációs amplitúdó, amely csillagászati adatok alapján nagy pontossággal számítható minden fél- és egész napos árapályhullám esetére,

E_F — a folyadék összenyomási modulusa,

E_R — a kőzetmátrix összenyomási modulusa.

A képlet alapján végezhető porozitás vizsgálatokat jelentős mértékben nehezíti, hogy E_R szinte sohasem ismert. Különböző kőzetfizikai vizsgálatok alapján a $(2,0 - 2,5) \cdot 10^{11} \frac{\text{din}}{\text{cm}^2}$ közötti értéket használtuk. Egy korábbi vizsgálat eredményeiből azonban tudjuk, hogy a kőzetmátrix összenyomási modulus bizonytalan meghatározottságából eredő hiba nem nagy. A (7) képlet az ún. effektív porozitás értékét szolgáltatja, mert a mobil folyadéktartalomról ad információt.

Fontos kérdés, hogy a kapott porozitás értékek a fúróluk mekkora nagyságú környezetét jellemzik. A Δ dilatáció értelmezése szerint:

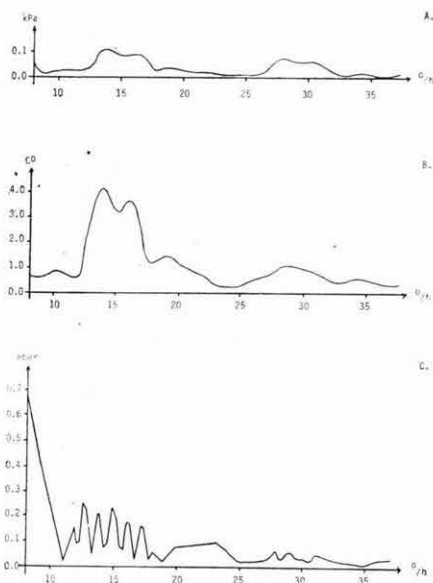
$$\Delta = \frac{\Delta T}{T} \quad (8)$$

ahol ΔT a dilatálódott folyadéktérfogat és T a dilatációs mozgásban résztvevő folyadék térfogata. Elméleti számítások alapján Δ értéke meghatározható:

$$\Delta = 0,48 A.$$

A dilatálódott folyadéktérfogat az egyes elemi árapályhullámok esetében vizsgálataink szerint $150\text{--}200\text{ cm}^3$. Ha 10% porozitást tételezünk fel, akkor a (8) képlet alapján a luniszoláris hatás következtében fellépő dilatációban a fúrás környezetének 10 méteres nagyságrendű környezete vesz részt.

Eddig mintegy 15 fúráson végzett nyomásváltozás megfigyelési idősor alapján kíséreltük meg a luniszoláris hatást kimutatni, illetve segítségével a porozitás értékét meghatározni. A 85. ábrán a Nagylengyel—301 jelű fúráson megfigyelt nyomásváltozások spektruma, a légnyomás és a hőmérsékleti spektrumok vannak feltüntetve. A fúrólyukon mért nyomásváltozások spektrumát mint-



85. ábra. A Nagylengyel—301 fúráson megfigyelt nyomásváltozások spektruma (A) az azonos időszakban megfigyelt hőmérséklet- és légnyomásváltozások spektrumaival (B, C)

Fig. 85. Spectrum of pressure variations observed in well Nagylengyel 301 (A) with temperature and air pressure spectra (B, C) observed in the same period

Рис. 85. Спектры изменения давления, наблюдаемые в скважине Надьлендел (А) со спектрами наблюдаемых в это же время изменений температуры и атмосферного давления (В, С)

egy két hetes megfigyelési sorozat alapján határoztuk meg. A luniszoláris hatás jelenlétét mutatja, hogy a fél ($30^\circ/\text{h}$) és az egésznapos ($15^\circ/\text{h}$) hullámok aránya olyan, mint az elméleti árapályban. Tapasztalatunk szerint megfigyelési eredményeinket a meteorológiai hatások — elsősorban a hőmérsékletváltozások — erősen torzítják. A meteorológiai hatások kizárása nehézséget jelent, mert elsősorban az árapály frekvenciákon, illetve azok közvetlen környezetében jelentkeznek és így matematikai szűréssel nem zárhatók ki. Ezért nyomás megfigyeléseink és a meteorológiai spektrumok között a luniszoláris frekvenciatartományoktól megfelelő távolságban levő részekben kerestünk statisztikai kapcsolatot regressziós analízis segítségével. Az így kapott egyenleteket a luni-

szoláris frekvencia tartományban a nyomásértékek korrekciójára használtuk fel még azok analizisét megelőzően, ha a meteorológiai és a nyomásváltozás spektrumok korrelációs kapcsolatot mutattak az árapály frekvenciákon. A 85. ábrán közölt, Nagylengyel—301 jelű fúrásra kapott nyomásváltozás spektrum nem mutat szoros kapcsolatot a meteorológiai hatásokkal (0,2—0,45 közötti korrelációs együtthatók adódtak) és így a nyomásváltozás spektrum alapján erre a kútra az egész és félnapos hullámok esetére adódó 0,12 kPa és 0,09 kPa amplitúdók alapján 15% illetve 20% porozitásértéket ad a (7) képlet.

Mivel az alkalmazott modell idealizált és nem követi az adott, konkrét eset sajátosságait, az általunk meghatározott porozitás értékek egyelőre csak arányossági tényezőknek és nem abszolút értelemben vett porozitás értékeknek tekinthetők. Figyelemre méltó tény azonban, hogy a nagylengyeli mezőn megvizsgált, összesen négy kútra kapott „porozitás” értékek gyakorlatilag megegyeznek.

A geodéziai gravimetria témakörében 1980. folyamán a szocialista országok területére vonatkozó „Egységes Gravimetriai Hálózat” (EGH) megvalósításának első fázisaként 3 ponton meghatároztuk az abszolút g értékét. A méréseket a Szovjetunióban kifejlesztett, a szabadesés elvén működő, hordozható lézergraviméterrel végeztük. Az abszolút pontok Budapesten (Mátyás-hegyi barlang), Szerencsen és Kőszegen vannak, így az 1978-ban Siklóson létesített ponttal együtt Magyarország 4 abszolút ponttal rendelkezik (86. ábra).

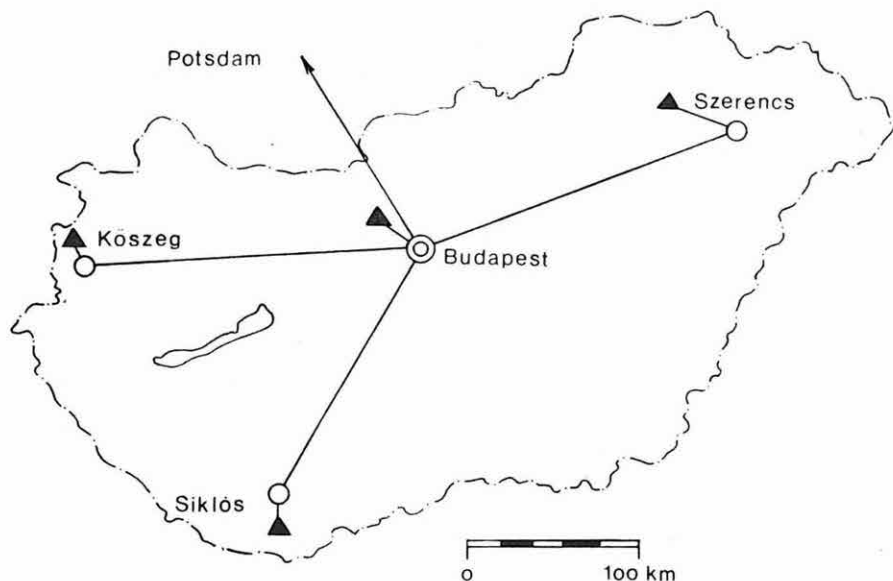
Az abszolút g mérések, valamint az I. rendű alaphálózat mérési eredményeinek felhasználásával meghatároztuk a potsdami gravitációs rendszer kiinduló értékének javítását és ennek hibáját (IV. táblázat). Az általunk számított javítási érték jól egyezik a más országokban abszolút módszerrel végzett mérések alapján levezetett javításokkal.

A gravitációs hálózatok korszerűsítése keretében elkezdttük a II. rendű gravitációs alaphálózat újramérését és 180 pont-kapcsolat graviméteres meghatározását elvégeztük.

Az 1978—79-ben a Kárpát-balkán poligonon, valamint 1979-ben Vidinben (BNK) a vízszintingadozás tanulmányozására létesített poligonon nemzetközi kooperációban végzett gravimétermérések feldolgozását elvégeztük.

IV. táblázat

Mérési pont	Javítás	Hiba
	[mGal]	
Siklós	− 13 999	± 0,041
Budapest	− 13 954	± 0,039
Szerencs	− 13 922	± 0,043
Kőszeg	− 13 961	± 0,040
Átlag	− 13 959	± 0,041



86. ábra. Magyarország területén levő abszolút gravitációs mérési pontok

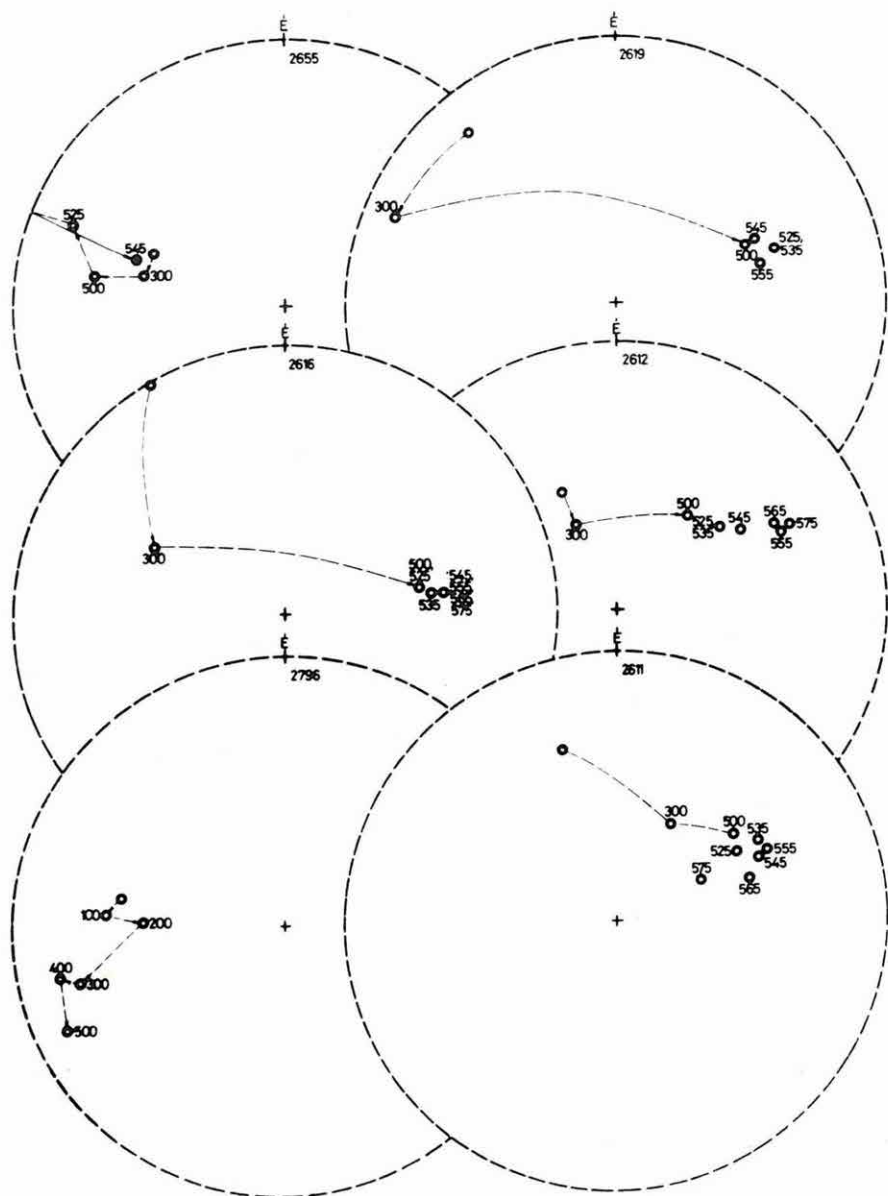
Fig. 86. Absolute gravimetric points over the territory of Hungary

Рис. 86. Расположение пунктов с определенными абсолютными величинами гравитации на территории Венгрии

Paleomágneses vizsgálatok

A sümegi Mogyorósdomb földtani alapszelvényének paleomágneses vizsgálata keretében 1980-ban a szelvény felső kimeridgei — alsó berriázi szakaszának vizsgálata készült el (158 minta 140 m hosszon). A mintavétel első menetben 1—1,5 m távolságban történt, később úgy sűrítettük, hogy egy-egy mágneses zónát lehetőleg legalább két minta képviseljen.

A minták tisztítása hőkezeléssel történt. A mágnesezettség intenzitása, különösen lemágnesezés után sokszor alig haladta meg a JR—4 magnetométer zajszintjét, ezért a hasznos jel kiemelésére ismételt méréseket végeztünk. A mágnesezettség többkomponensűnek bizonyult, a másodlagos komponensek teljes eltávolításához 500—545 °C hőmérséklet volt szükséges (87. ábra). Néhány esetben azonban a természetes mágnesezettség (NRM) intenzitása 300 ill. 400 °C felett a magnetométer zajszintje alá csökkent, így a polaritás meghatározására 500 °C-nál kisebb hőmérsékleten tisztított mintákat voltunk kénytelenek felhasználni. Ezek az irányok természetesen kevésbé megbízhatók, mint a többi (88. ábra).



87. ábra. Sümeg, Mogyorósdomb. Az NRM irányok változása termolemag-
nesezésre

Fig. 87. Sümeg, Mogyorósdomb. Changes in NRM directions under thermal
demagnetization

Рис. 87. Район Шюмег, Мдьороршдомб. Изменение направлений NRM
на воздействие терморазмагничивания

A hőkezelés után mért NRM irányokból kiszámítottuk a látszólagos mágneses pólusok helyzetét (Virtual Geomagnetic Pole, VGP) majd ezek középpontjaként az egykori földmágneses pólus helyzetét.

A polaritás zónák szemléltetésére az utóbbi néhány évben elterjedt „VGP szélesség” módszert alkalmazzuk. Ennek az a lényege, hogy a látszólagos pólushelyzetekből (VGP) közepes pólushelyzetet számolunk. Az így meghatározott közepes pólust a földrajzi északi sarkra forgatjuk és vele együtt forgatjuk a látszólagos pólusokat ugyanazon forgáspont körül, ugyanolyan szöggel. A látszólagos pólusok forgatás utáni szélességkoordinátája egyértelműen jellemzi az egyes VGP-k egykori északi és déli pólushoz viszonyított szélességét, azaz a minta mágnesezettségének normál vagy reverz jellegét. Mivel a módszer a polaritás megállapításában nemcsak az inklináció előjelét, hanem a deklinációt is figyelembe veszi, a pusztán inklináció meghatározására támaszkodó zónabeosztásnál megbízhatóbb magnetosztatográfiai skálát eredményez.

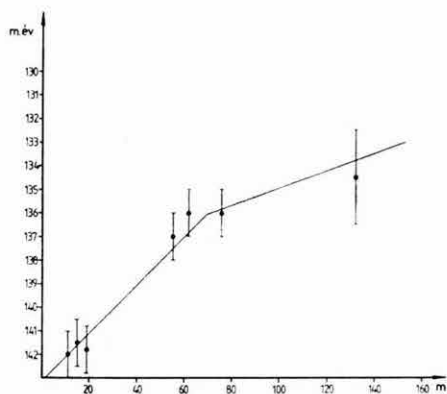
A VGP szélesség változása a távolság függvényében a mágneses tér sokszoros polaritásváltozását mutatja a sümegi alapszelvényben. (A VGP szélesség mellett a 88. ábrán feltüntettük az NRM intenzitásának változását természetes állapotban (I_{n0}) és a polaritás meghatározására felhasznált lemágnesezési lépésben ($I_{n\infty}$).

A magnetosztatográfiai skála azonban időre vonatkoztatott polaritás zónáció. A sümegi rétegvastagság skála földtani időre kalibrálását Tardiné Filác Edit Calpionella meghatározásai alapján végeztük (szóbeli közlés).

Minta száma	Földtani kor	Abszolút kor		
2796	kimeridgei	142	± 1	M év
2799	kimeridgei-titon határ	140,5	± 1	M év
2801	kimeridgei	141,5	± 1	M év
2671	felső titon	137	± 1	M év
2677	felső titon	136	$\pm 1-2$	M év
2689	felső titon	136	± 1	M év
2826	berriázi alja	134—135	± 2	M év

Az abszolút kort a Calpionella zónáknak Van Hinte (1976) által közölt földtani időskálára vonatkoztatásával becsültük. A fenti felsorolásból látszik, hogy a korértékek ilyen formában nem használhatók a polaritásskála kalibrálására. Ezért a koradatokat a meghatározás bizonytalanságával együtt a terepi szelvény referencia pontjától (távvezeték villanyoszlopa a szelvény elején) való távolság függvényében ábrázoltuk (89. ábra). Egyenletes üledékképződési sebesség esetén a pontok egyetlen egyenessel lennének közelíthetők. A sümegi alapszelvény vizsgált részén azonban az üledékképződés sebessége nem volt

állandó. A rendelkezésre álló őslénytani adatok alapján kb. 70 m-nél az üledéklérakódás (rétegtömörülés egyenletes) sebessége megváltozott. Ebből a sebességdiagramból származtattuk a sümegi szelvényben mutatkozó zónahatárok korértékeit.



89. ábra. Sümeg, Mogyorósdomb. Az üledékképződési sebesség becslése őslénytani adatokból

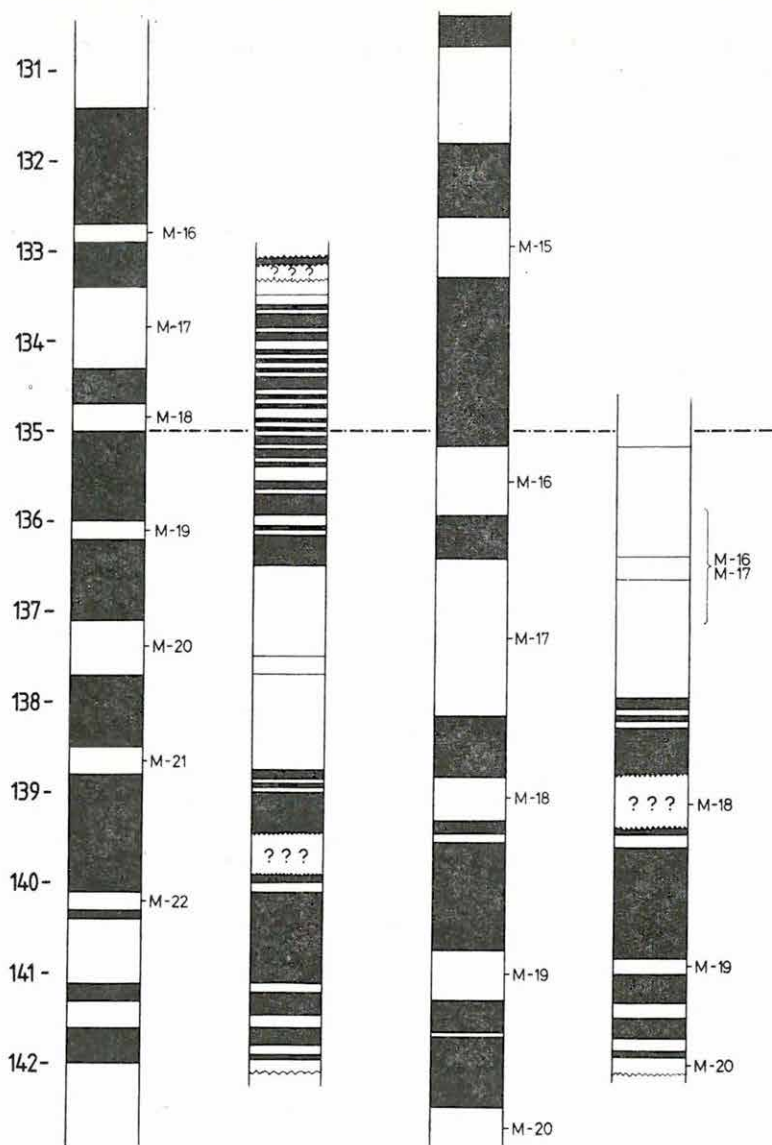
Fig. 89. Sümeg, Mogyorósdomb. Estimated sedimentation rates from paleontological data

Рис. 89. Район Шюмер, Модьоршдомб. Оценка скорости осадко-накопления по палеонтологическим данным

A 90. ábrán összehasonlítjuk a sümegi szelvény paleomágneses vizsgálatával kapott magnetosztatográfiai skálát óceáni mágneses anomáliákból levezetett skálákkal (fehér: reverz zóna, fekete: normál zóna, kérdőjel: mintavételi hiány, abszolút kor millió években: módosított londoni időskála; M—17 számozott mezozoos reverz zónák). Szárazföldről származó hasonló korú anyag vizsgálatát tudomásunk szerint még nem publikáltak.

Az 1. oszlopban Van Hinte (1976) összeállítása szerepel a 2. oszlopban a sümegi polaritászónák, a 3. oszlopban Larson és Hilde (1976) javított skálája. A 4. oszlopról csak később lesz szó.

Az 1. és 3. oszlopban kevés olyan időpont van, amelyre azonos a polaritás és a zónák időtartama is különböző. Valamelyest javulna a helyzet, ha a szerzők által számozott reverz zónák közül pl. az M—17-eket párhuzamosítanánk. Ekkor azonban több millió éves bizonytalanságot kellene feltételeznünk valamelyikről vagy mindkettőről. Ugyancsak alapvető különbséget állapíthatunk meg a sümegi polaritásskála (2. oszlop) és Van Hinte skálája között (1. oszlop), míg az előbbi és a 3. zónaképe több szempontból hasonló. Legfontosabb egyezés az M—17+M—16 (3. oszlop) zónához hasonlóan igen hosszú reverz időszak a 2. oszlopban (136,5 és 138,7 millió év között), két rövid ideig tartó normál eseménnyel. Az M—16-nál fiatalabb normál zóna a sümegi szelvényben gyakori polaritásváltásokkal jelentkezik. A gyakori zónaváltás megjelenése a szárazföldi szelvényben azt jelenti, hogy itt jobb a felbontóképesség. Az M—17 alatti kép a 3. oszlopban igen hasonló a 2. oszlop leghosszabb reverz zónája alattihoz.



Van Hinte, (1976)

Sümeg, I.

Larson, Hilde (1975)

Sümeg, II.

90. ábra. Sümeg, Mogyorósdomb polaritászónáinak összehasonlítása tengeri anomáliákból levezetett polaritászónákkal

Fig. 90. Comparison of polarity zones of Sümeg, Mogyorósdomb with polarity zones derived from marine anomalies

Рис. 90. Район Шюмег, Модьорошдомб. Сопоставление полученных здесь зон полярности с зонами полярности, определенными по морским аномалиям

A fenti megfigyelésekre támaszkodva megkíséreltük a 2. és 3. oszlop korrelálását. Az M—16 felső határát párhuzamosítva a sümegi hosszú reverz zóna felső határával a szelvény alját továbbra is eredeti helyén tartva az idősebb szelvény-szakasz 1,23-szorosára megnyúl. Ez azt jelenti, hogy lassabb üledékképződést tételezünk fel, mint ahogyan az őslénytani adatokból következik. Az eredmény a 4. oszlopban látható. A 3. és 4. oszlop zónáinak korrelációja igen jó, ha figyelembe vesszük, hogy mindkét skála kalibrálása bizonyos feltételezéseken alapszik (pl. az üledékképződés ill. óceánfenék széttolódás legalább szakaszonként egyenletes). Megjegyezzük azonban, hogy a sümegi szelvényben az M—16 és M—17 megkülönböztetésének nincs alapja, mert a szárazföldi szelvényben a hosszú reverz időszakot csak két, pillanatszerű normál esemény szakítja meg.

Az üledékképződés sebessége paleomágneses alapon a szelvény referencia ponttól számított első 70 méterében, azaz a f. jurában 8,7 m/millió év.

A magnetosztratigráfiai korreláció alapján átrendezett szelvény 135,2 millió évnél fiatalabb része rövid időszakot képvisel, amennyiben a Calpionellák vizsgálatából következő felső korhatárt elfogadjuk. Ez azt jelentené, hogy az üledékképződés sebessége az alsó krétában igen megnövekedett (43 m/millió év) és a térfordulások igen gyakorivá váltak (a második oszlopban 38 zóna 3,5 millió év alatt, a 4. oszlopban 38 zóna, 2,2 millió év alatt). Lehetséges azonban hogy az őslénytani megállapított felső korhatár a szelvény további részének paleomágneses vizsgálatával el fog tolódni.

A sümegi szelvény eddigi vizsgálatából úgy tűnik, hogy a jura—kréta határ megvonása magnetosztratigráfiai alapon a 90. ábra időskáláján a 135,2 millió évnél célszerű, ott, ahol az igen jellegzetes, hosszú ideig tartó reverz zónát sűrű térfordulások váltják fel.

Külföldi tevékenység

*Mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció**

A mongóliai Nemzetközi Földtani Expedíció keretén belül folytattuk kutatási tevékenységünket egy Földtani Térképező Csoport (amelyet alvállalkozóként a MÁFI állított fel) és egy Komplex Geofizikai Csoport működtetésével.

A geofizikai feladatok a földtani térképező munkákhoz kapcsolódtak. Részletező komplex geofizikai kutatást végeztünk néhány fluoritos, ritkafémes, szulfidos és polimetallikus ércelőforduláson a földtani felépítés, szerkezet pontos megismerése, az ércesedés kiterjedésének meghatározása céljából. Jó eredményt adott a GP lecsengési görbék analízise, a dinamikus paraméterek vizsgálata, amelyek segítségével az ércesedés textúrájára következtethetünk. A felszíni geofizikai mérési tevékenység mellett a térképező és nyersanyagkutató fúrásokban karotázs vizsgálatokat végeztünk.

Az 1980-as tevékenységgel lezárult az É-Keruleni övezetben a regionális kutatás mellett az 1:50 000 és az 1:10 000 méretarányú földtani térképezés, és az ezt kiegészítő geofizikai tevékenység is. Ebben a körzetben a felfedezett ércelőhelyek részletes kutatását folytatjuk.

*Szeizmikus mérések Görögországban***

Az ELGI 1980-ban a NIKEX Külkereskedelmi Vállalat közreműködésével szerződést kötött a Görög Nemzeti Olajvállalattal — Public Petroleum Corporation of Greece (DEP) — szeizmikus reflexiós mérésekre. A kutatást Görögország északi részén Thessaloniki, Giannitsa, Verria és Katherini városok által határolt mintegy 1800 km²-nyi területen folytattuk. Ez a terület a Vardar-öv D-i végén levő Thessaloniki-medence, amelynek szélén paleozoos és mezozoos kibúvások találhatók. A medence mélysége meghaladja a 4000 métert.

A méréseket a Görög Nemzeti Olajvállalat által kijelölt vonalak mentén végeztük, kezdetben DFS—IV, majd DFS—V szeizmikus műszerrel.

Összességében 446 km, 12-szeres fedésű szeizmikus szelvényt mértünk, 50 méteres geofonközszel. A vonalak nagyobb része sík vidéken volt, ahol a tenger-

* Zsille A.

** Kónya A.

szint feletti magasság 5—20 méter között változott. A kísérleti mérések alapján 30 méter mély robbantási lyukakat használtunk.

Az expedíció lehetőséget adott arra, hogy eddig ismeretlen viszonyok között kipróbáljuk a mobil R—10 szeizmikus előfeldolgozó centrumot (ismertetését lásd 1978. Évi Jelentés). A gépkocsiba épített centrum jól bírta a hosszú gépkocsi utat és a hazaitól lényegében eltérő klimatikus viszonyokat.

*Líbiai vízkutató mérések**

A NIKEX és az OVIBER közös fúróvállalatot hoztak létre NIKEX—OVIBER DRILLING COMPANY néven Líbiában. Ez utóbbi vállalat elnyert egy versenytárgyalást, amely 30 db — öntözővizet szolgáltató — kút fúrását tűzte ki célul a Jefara-síkságon, Tripolitól mintegy 80 km-re D—DNy-ra, a Wadi-Abu-Shaybah körzetben. A környező területeken mélyített fúrások és elsősorban a korábbi francia geofizikai eredmények alapján a vízáradó összlet triász korú repedezett, karsztosodott mészkő, amely a felszíntől számított 100—300 m mélységben helyezkedik el. E vízáradó mészkő vertikálisan és horizontálisan igen gyorsan változó porozitás- és hidrodinamikai tulajdonságokkal rendelkezik, ezért a megrendelő $AB_{\max} = 3000—4000$ méteres VES méréseket írt elő a tervezett kutak helyén és azok között, amelyekből a perspektivikus összlet vastagságára és repedezettségi fokára lehet következtetni. Ez utóbbi méréseket és azok feldolgozását a fenti Vállalattal kötött alvállalkozói szerződés alapján az ELGI végezte. A mérések eredményeiről a terepi mérések befejezése után 2 héttel előzetes jelentést adtunk, amely a mintegy 60—80 km²-nyi területen belül 4 alapvető típust különített el. A területtípusok közötti különbségek a perspektivikus összlet fedő- és fekülmélységének, repedezettségének (fajlagos ellenállásának) különbségeiből adódnak. Mind a négy típuson 1—1 fúrást mélyítenek, ezek geológiai, hidrogeológiai és karotázs méréseinek ismeretében kell majd végleges jelentést adnunk munkáinkról.

A fúrásokban a karotázs méréseket is az ELGI végzi, saját fejlesztésű K—600-as berendezésével.

* * *

* Draskovits P., Nemesi L.

A Könyvtár jelenlegi állománya 22 515 kötet könyv és folyóirat, valamint 25 776 egyéb könyvtári egység.

Állományunkat 1980-ban 652 könyvvel, 460 kötet (2107 db) folyóirattal, 810 dokumentációs kiadvánnyal, 180 db műszerprospektussal gyarapítottuk. (A könyvtár összállománya az 1979. évihez viszonyítva csökkent a tervszerű állományapasztás következtében: folyóiratállomány 545 kötettel, egyéb dokumentációs kiadvány 6035 egységgel.)

Folyóíratárunkat 14 féle új folyóirattal bővítettük.

Nemzetközi kiadványcsere révén 756 db kiadványt kaptunk és 58 országba, 552 címre 2204 kiadványt küldtünk.

Könyvtári szolgáltatásainkat az elmúlt évben 5623 olvasó/kölcsönző vette igénybe.

Az ELGI 1980-ban a következő kiadványokat jelentette meg:

1. A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 1979. Évi Jelentése
2. Geofizikai Közlemények 26. kötet
3. Annual Report 1978 of the Tihany Geophysical Observatory
4. Bulletin of KAPG Working Group 3.3 (Study of the Earth Tides) No. 3.

ANNUAL REPORT OF THE
EÖTVÖS LORÁND GEOPHYSICAL INSTITUTE
OF HUNGARY
FOR 1980

1 GEOPHYSICAL PROSPECTING

Locations of the field works of ELGI in 1980 are presented in *Fig. 1*.

The geophysical investigation of the *Transdanubian Central Range* continued according to the directives of the Central Office of Geology. Plans were coordinated between the Hungarian Geological Survey (MÁFI), and the coal mining corporations. Bauxite exploration was carried out under the guidance of the Hungarian Aluminium Corporation (MAT) and financed by the Bauxite Prospecting Enterprise (BKV).

The most important results of the past five years' exploration were:

- delineation of the coal field of Mány-East—Zsámbék with its resources of 80 million tons;
- detection of 8 smaller coal fields and bauxite lenses in the area of Héreg, Bajna, and Tükrös;
- detection of 56 bauxite lenses in the area of Iharkút and Bakonyoszip.

The exploration phases of the geophysical investigation fit into the system of the geological survey: to the regional survey of the scale of 1:25,000 are linked the detailed Bouguer anomaly maps and several filtered variations. In the second phase come the geoelectric and seismic profiling. The boreholes drilled after the first phase are also used as geophysical parameter wells. After the second phase of geophysical measurements come boreholes aimed at stratigraphy and structure. Borehole data may be able to correct former geophysical interpretations thus preparing the area for the more detailed, 1:10,000 scale "discovery" survey.

The first phase of regional exploration of Senonian brown coal in the area of Sümeg is shown in *Fig. 2*. From the Bouguer anomaly map the area where the Triassic basement is less than - 500 m deep can be delineated (thick line), this being the limit of profitable exploitation. The gravity map enable the second phase of the exploration—started in 1981—to be planned.

In the area of Magyarpolány the uplifted block and its immediate surroundings were the object of the regional survey. The filtered gravity anomaly map of the first phase presented in *Fig. 3/a* shows the location of the block. This

and the seismic reflection profiles shot in the second phase of the regional survey proved the much smaller extension of the block than supposed earlier (only 9.5 km² instead of 19 km²). At the same time, reflection time sections called attention to the undisturbed stratification of the Senonian coal-bearing Ajka Formation to the west of borehole Mp—42 (*Fig. 3/b*). Thus it is possible to find the coal seam not much deeper than — 500 m to the west and south-west.

The regional survey of the Kolontár—II area belongs to the Senonian coal exploration programme as well, and came into the limelight after the negative result of the Magyarpolány project. To prepare for the siting of exploratory boreholes gravity and seismic reflection measurements were carried out. The secondary gravity anomaly map (*Fig. 4*) already shows the complicated structure: several criss-crossing fault systems cutting the basement into small blocks of different depth.

Brown coal and bauxite exploration in the “discovery” and “detailed” phases was carried out in the south-eastern foreland of the Gerecse Mts. The area of exploration is shown in *Fig. 5*. During the regional survey it was found that the high quality coal seam of the Bajna basin is strictly limited horizontally (*Fig. 5/a*) and that the bay of Epöl proved to be unproductive (*Fig. 5/b*). In the basin of Tarján and Mátyás—Zsámbék, where the regional survey suggested the presence of large, extended coal seams, geophysical methods of higher resolution power were used viz. reflection seismics, down-hole—surface potential mapping and multifrequency electromagnetic sounding (the last of these is described in Chapter 2.2). In cross section DD', which is enlarged vertically four times, horizontally twenty times in relation to cross section CC', one can see the increase in resolution power.

To work out the methodology of detailed bauxite exploration in areas of Eocene limestone cover an experimental programme was carried out in 1979—80.

It is pointed out that

- the proportion of high resolution methods—such as multifrequency e.m., multicoverage shallow seismics and 3D seismics—should be increased to eliminate the confusing effect of rapidly changing overburden;
- to increase the effectiveness of exploration, data of bauxite analysis should be incorporated into the automatized Exploration Information System (see Annual Report, 1979).

With regard to the area of investigation illustrated in *Fig. 6* the detailed geophysical survey was extended to about 5 km² (marked in yellow). Besides this, geophysical mapping on scales of 1:25,000 and 1:10,000 was carried out over an area of about 30 km² (areas of prospect marked). In *Fig. 7* the course of exploration of the area (marked A in *Fig. 6*) is presented. In *Fig. 7/a* the map of the original geological information can be seen showing the Triassic and Eocene

outcrops, and two unproductive boreholes (A and B) reaching the dolomite basement to depths of 16 and 86 m respectively. The σ_a parameter map of down-hole—down-hole potential mapping (Fig. 7/b) suggests the existence of four independent cavities in the basement. The boreholes located on them (C, D, E) hit bauxite. The fourth suggested borehole is not yet drilled (F). With the σ_a parameter map and the borehole results the boreholes of the detailed drilling project can be marked out. To the right of the NNE—SSW direction fault line, where the down-hole potential map could not show any detail, exploration should continue by a compact network of e.m. measurements.

In Fig. 8 the detailed exploration of area B of Fig. 6 is presented, where at the beginning of the work three bauxite lenses were already known (Fig. 8/a). The task was to determine whether any more bauxite lens exists or whether there is any connection between the known lenses. To answer the questions down-hole—surface potential mapping (using a distant borehole) and multifrequency electromagnetic mapping (MFM) were carried out. The σ_a parameter map (Fig. 8/b) and the $\Delta\varphi$ phase difference map (Fig. 8/c) indicated the presence of several conducting zones. Results of geophysical exploration are synthesized in the map of Fig. 8/d, together with the suggested drillings. Borehole A hit bauxite, boreholes B and C proved the cavity, but without bauxite. Figure 8/e shows a characteristic geological section, Fig. 8/f the integrated interpretation together with the suggested boreholes.

In-mine exploration represents a new branch of bauxite-geophysics. In 1980 a series of experiments was initiated on mines under exploitation to determine the bauxite boundaries of deep karst cavities. The best results were achieved by geoelectric conductivity mapping (a combination of surface and down-hole—down-hole potential mapping), by three electrode AMN profiling and seismic refraction. Figure 9/a shows the interpretation on level +339 m, on which areas of thick bauxite (thicker than 6 m) and covered dolomite cliffs are marked. Mining proved the existence of these cliffs with nearly vertical walls (sometimes even overhanging). The photo (Fig. 9/b) shows one side of the bauxite lens with cliffs A and B marked on the map and with a smaller and a bigger bay (C and D) filled with bauxite. In the foreground a dolomite cliff (F) forming the south-western border of the bauxite lens is seen. After the exploitation of the first slice, on level +331 m, the location of the dolomite cliff is given by the geological service of the particular mining company concerned (Fig. 9/c). As a further development the integration of electromagnetic methods and shallow seismic reflection into the measurement complex is advised.

The regional exploration of the Velence hills continued with a dual task: structural- and ore exploration. The location map of the geophysical measurements is shown in Fig. 10. As a special topic the relationship between gravity and magnetic anomalies was studied. On the ΔZ_m residual magnetic anomaly map

(Fig. 11), long anomaly zones can be detected which appear on the gravity maps as well. These are supposed as being linked with structural lines. The analytic downward continuation gravity map (Fig. 12) shows, in the vicinity of Pázmánd, an about 6 km diameter ring-shaped anomaly with a somewhat asymmetric minimum in the centre. The southern rim consists of a strongly weathered metasomatite range. The anomaly picture suggests a covered, tilted volcano. Several more ring-shaped anomalies can be detected. The analytic downward continuation map after band-pass filtering (Fig. 13) correlates with the former map with regard to main features, but the delineation of the south and south-eastern anomalies is more accentuated.

The relationship between gravity and magnetic anomaly maps is not unambiguous, rocks of higher susceptibility can have either higher or lower density than their surroundings causing a local gravity anomaly (maximum or minimum). In the first case it is supposed that the anomalous bodies have lower density, therefore the residual magnetic anomalies were shifted northward to coincide with gravity minima. This possibility is presented in Fig. 12. It should be noted that the direction and size of the shifts (marked on the map by straight lines) are mostly uniform in given districts.

If the magnetic bodies are connected to higher density rocks, magnetic and gravity maxima should coincide (naturally after shifting). This possibility is presented in Fig. 13. The correlation in this case seems to be better although the size of the shifts is bigger.

On both maps — it is to be noted — the ΔZ_m maxima had to be shifted much more than justified by the induced magnetization and the calculated depths of the anomalous bodies (not more than 1000—1500 m). This means either greater depths, or the effect of strong remanent magnetization.

From among the reflection profiles, shot for the delineation of the volcanic centre, the migrated depth sections Go—10 and Go—13 are presented (Figs. 14 and 15). The frequency, energy and alignment of reflections enable us to draw conclusions on the deep structure and separate units of differing structure even in geologically practically unknown areas.

In the framework of direct ore exploration the detailed induced polarization network started in 1979 was continued. The 1600 m long supply line of the gradient array guaranteed a penetration of 400 m. On the map of apparent polarizability, P_a (Fig. 16) two directions dominate: NE—SW, marking the boundary between granite and slate and the E—W strike of the metasomatite outcrops.

In addition to the mapping of anomalies their classification started as well (see Chapter 2.2).

In 1980 the regional geophysical survey of the Mátra Mts commenced. The ore occurrences, extending over a large area, and the hydrothermal alteration of rocks promote the possibility of the existence of near-surface disseminated

sulphide mineralization, to be explored by induced polarization and deeper subvolcanic bodies of similar mineral content. As a first step the area of the uplifted basement—formerly explored by in-mine boreholes of the Gyöngyös-oroszi Mine and seismic refraction—was investigated by gravity and reflection seismic measurements (Fig. 17). The three VIBROSEIS® profiles shot in 1980 are presented in Figs. 18, 19, and 20 in the form of amplitude coloured depth sections. The results are summarized in Fig. 17.

The dome ("A"), observed in profile Ma—1 coincides with the largest IP anomaly, therefore detailed mining geological exploration and exploratory drilling is suggested for that site. Structural exploration suggests that the line of uplifts A—B—C represents the strike of the main uplift, but the volcanic focus is most probably in areas A and D.

Exploration for the near-surface disseminated mineralization was started by a 400×50 m IP profile grid. From the schematic anomaly map (Fig. 21) it can be seen that the area of uplift, shown by seismics coincides with a large, northerly non-delineated anomaly. Geochemistry also indicated anomalies in the area.

The regional study of the tectonics of Transdanubia continued with seismic reflection and magnetotelluric measurements on the Little Hungarian Plain (Fig. 22). From the point of view of magnetotellurics the most important part is the vicinity of the Dabrony—1 borehole. The results are presented on the migrated time section MK—1/79 (Fig. 23). Under the Triassic—Cretaceous high resistivity formations a layer of about 2 ohmm resistivity was found at a depth of about 5000 m. Its thickness cannot be determined exactly from the sounding curves measured up to a period time of 100 sec; it is possible only to estimate the maximum thickness as 2—3 km. This conducting layer wedges out after point 13.

With seismic measurements the profile was continued towards the NW; the most important task being to investigate the depth interval between the basement and the Mohorovičić discontinuity. Two portions of the profile are presented: in Fig. 24 reflections between 6.0 and 6.6 sec of good energy dip steeply towards the NW; in Fig. 25 strong reflections, characteristic to the area of the Mihályi maximum, appear below 3.0 sec terminating at the Rába dislocation zone.

The reflection profile MV—1 of 1979 was recorded along the broken line of the location map of Fig. 26. The $97^{\circ 00}$ — $178^{\circ 00}$ portion of the profile was reprocessed by the "slalom line" program of the GEOMAX computer of Geofyzika Brno (Czechoslovakia). On comparing the resulting time section (Fig. 27) with the original one (Fig. 22 of the 1979 Annual Report) the improvement—first of all in the sedimentary complex—is quite clear.

From water exploration and engineering projects two topics are presented: the use of the IP method in the exploration of the alluvial cone of the River

Maros, and the check survey of flood protection dams by geophysical methods.

The theoretical basis for using the IP method in water exploration results from laboratory measurements (*Fig. 28*). By the simultaneous determination of the two geoelectric parameters (apparent resistivity, ρ_1 and apparent polarizability, η_1) data on the reservoir characteristics of the water bearing lenticular young sediments can be deduced. Results of the areal measurements are presented in *Fig. 29* (apparent polarizability distribution) and in *Fig. 30* (apparent resistivity map). Interpretation of the different resistivity and polarizability anomalies was performed with the aid of borehole measurements. In both geological base drillings and in parameter drillings IP measurements were carried out by two methods which correlate perfectly well (*Fig. 31*). Synthesized results are presented in *Fig. 32*. Thus the maps for different depth intervals can be interpreted: on areas of high resistivity and low polarizability more and clearer sand layers can be found than of equal resistivity, but higher polarizability. On areas of good polarizability thin layers of very fine grained sand and shale can be found.

The need for geophysics in the check survey of flood protection dams was brought up on the occasion of reconstruction works after the Kettős-Körös dam failure. So far as we know, there is no literature on geophysical methodology in dam protection. By experience the following working process is suggested:

- a) analysis of air photos. Without much expense disturbed zones and areas of different character can be separated, and abandoned courses marked out; this notwithstanding, it can be stated that it is not necessary that dangerous dam portions coincide with abandoned courses on the one hand, and on the other not all abandoned courses can be traced in the present morphology;
- b) horizontal resistivity profiling. This is the basis for further detailed, point-like exploration (engineering geophysical sounding, soil mechanical drilling);
- c) engineering geophysical sounding for the recording of four parameters: mechanical resistivity (consisting of peak force and lumped pressure), statistical mean value of natural gamma activity and in situ density. If necessary, more parameters can be recorded. Apart from determining the detailed geological log, it is very important to identify the impervious layer and the porous beds communicating with the river;
- d) soil mechanical drillings and laboratory tests. The last stage of the exploration process, only on the critical sections of the dam;
- e) additional examinations, according to the demands of the design engineers (e.g. filtration coefficient).

In *Fig. 33* the profile, located 4—5 m from the dam on the protected side, is to be seen with two different penetration resistivity profiles, the engineering geophysical soundings and the resulting geological cross section. No. 3 engineering geophysical sounding was located on the high resistivity zone appearing on both resistivity profiles and found an abandoned course, which could not be traced in the present morphology.

Within the theme *investigation of the structure of the Mecsek Mountains*, the delineation of the Lias coal bearing complex was continued in 1980 (*Fig. 34*). Tasks of the geomagnetic ΔT profiles and of the reflection seismic measurements were the preparation and support of the geological survey for prospects. Surface distribution of volcanics and the computed magnetic bodies are in good agreement (*Fig. 35*), thus enabling the use of geomagnetic results in geological mapping. Results of reflection seismic measurements are illustrated in *Figs. 36* and *37*. On the time sections the underlying formations of the Jurassic (Triassic or older) appear as marker reflections (marked in red). Even from within the Jurassic reflections have quite good energy (blue marking).

2 METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

2.1 SEISMIC METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH*

From among the main results of methodological research and instrument development in 1980 in the field of seismics and computer technology the following should be mentioned:

1. introduction of a new **VIBROSEIS®** field technology in the Mecsek Mts, on a topographically rough terrain;
2. derivation of the channel wave model of in-seam seismic measurements, computer interpretation of seismic "transmission" results;
3. determination of the crust- and upper mantle structure north of Bihar-keresztes, and in the Transdanubian Central Range;
4. development of the prototype of the SD—20 seismic equipment;
5. development of an oceanographic data acquisition, processing and navigation complex;
6. experimental shallow seismic measurements by the ESS—01 equipment for bauxite- and coal detection.

1. In 1980 we carried out **experimental VIBROSEIS® measurements** in an economically important Lias coal site at the north rim of the Mecsek Mts. This region has always presented a serious obstacle to the seismic method, for the mountainous surface is almost totally covered by forests, it is dissected by deep valleys and steep slopes, the geological buildup is characterized by strong tectonism and steep dips.

Because, due to the surface conditions, the seismic lines had to be fitted to the topography and the available roads, the so-called "slalom-line" technique of curvilinear measurements was applied.

As a result of the highly tectonized nature of the exploration site it was expected that the seismic horizons to be studied would be dismembered into blocks of small horizontal dimension. This made it necessary to increase the horizontal resolution power by means of appropriately short geophone base spacing (of 10 m). The sketch of the field arrangement is shown in *Fig. 38*; the geophone spread, vibrator points and the reference line of the measurements

* Albu I., Bodoky T., Kaszás M., Kovács B., Posgay K., Ráner G.

proceed along different tracks. As an illustration of the results we refer to the time section Va—1/80 of *Fig. 39*.

The experimental sections show well-correlating reflection segments of relatively good signal-to-noise ratio indicating the dismembered block structure of the site. The curvilinear measurement and its "slalom line" processing, carried out by Geofyzika, Brno, Czechoslovakia should be considered as a significant improvement compared with our previous results (ELGI Annual Report for 1976, § 1.7.2).

2. Our activity in mining seismics—jointly carried out with the Research Department of Mecsek Coal Mines—centred around two topics. One of the research themes has been devoted to the characterization of **seismic waves propagating in coal seams**.

In the late seventies a new prospecting method was developed in a few countries having advanced coal mining, the method is based on the dispersive elastic waves arising in seams. Recently the Research Department of Mecsek Coal Mines together with ELGI launched a joint research project for the investigation of the basic properties of dispersive channel waves ("seam waves") and for the development of the methodology of a new exploration method based on these wave types.

As a first step we analysed the published methods for investigating seam waves and decided that a novel technique, viz. the numerical modelling of the corresponding wave equations, should be applied. A third cooperating partner, the Computer and Automation Institute of the Hungarian Academy of Sciences has also become involved in this task. Mathematically, we have to solve the vector differential equation of the elastic waves

$$\varrho \frac{\partial^2 \vec{s}}{\partial t^2} = \mu \Delta \vec{s} + (\lambda + \mu) \text{grad div } \vec{s}$$

subject to the boundary conditions corresponding to the ideal undisturbed and tectonically disturbed seams, respectively (here, ϱ is the density, \vec{s} the particle displacement vector, t is time, λ and μ are Lamé's elastic constants). With an appropriate choice of the system of coordinates the system of partial differential equations for the components of \vec{s} can be separated to two parts, one of the resulting equations describes SH or Love channel waves, the other the P—SV or Rayleigh channel waves. We have already finished the computer program for both types of waves, for undisturbed seams and for seams disturbed by a fault of arbitrary dip. Numerical solutions to the wave equation are obtained by the method of finite differences.

As an example, *Fig. 40* illustrates a "time instant" of the model computed for the SH component. The wave fronts in constructive interference depicted in the Figure illustrate the theoretically deducible interference pattern of the symmetric modes of dispersive channel waves. *Figure 41* shows a time-instant of the x component of the P—SV model. Due to the appropriate selection of

the dynamic range the refracted wave-fronts from the high-velocity surrounding rocks can also be observed.

An other project jointly carried out with the Mecsek Coal Mines Research Department has been the elaboration of the computerized interpretation for the *transmission method*. The method, developed in the Research Department of Mecsek Coal Mines, is designed to determine the changing stress conditions during the exploitation of the mines. Since the velocity of seismic waves depends, apart from geologic factors, on pressure as well, any changes in the velocity field between two time instants refer to corresponding changes in the stress field.

An iterative approach has been elaborated to interpret the transmission results. The program starts out from an initial velocity field and gradually modifies it until the deviations between the measured first arrival times and those computed by means of geometrical optics become less than the measurement error for each shotpoint—geophone pair. The obtained velocity field is considered a true representation of the real velocity distribution of the region subjected to transmission.

An example is shown in *Fig. 42*. Two measurements were performed between the shafts, 9 months apart; the coal that was mined during this interval is indicated by hatched lines. Isolines represent relative differences (in percentages) between the velocity field corresponding to the two time instants. Confidence limits of the applied computation method are also indicated, at the rims; e.g. there are very few ray-paths due to the measuring geometry. Changes in the velocity field show a fair correlation with the area mined. Velocity increase corresponds to increased pressures due to load translocation, decreased velocities hint at decreased pressures in the loosened zones. (The loosening appearing in the upper right corner is due to a nearby breaking.)

3. In the seventies our seismic crust and upper mantle studies were carried out by four different reflection methods.

a) *Velocity sounding by the reflection variant of the Dix method.* Results for the Karcag region and along the KESZ—1 profile are reported in our Annual Report for 1979 (pp. 45—51).

b) *Common depth point deep-reflection measurements* have been carried out since 1976 along the KESZ—1 profile traversing the tectonic zone in the young sediments. A part of the profile, in the Biharkeresztes—Hosszúpályi region, has already been discussed in the Annual Report for 1978 (pp. 55—69), where field parameters, processing sequence and the southern part of the profile up to picket No. 196⁰⁰ are given.

We are already able to present the whole profile, including its final, northern section. The main purpose of this profile had been to decide whether the tectonic phenomena could be followed down through the deeper part of the crust and the upper part of the upper mantle.

Figures 43 and 44 present migrated time sections after time varying filtering, colours represent amplitude levels. The top of the sections indicates the basin floor of the young Neogene sediments. It is apparent that the well correlating Moho discontinuity between 8.4 and 9.2 s has an inverse dip to that of the basement.

Another characteristic horizon appears around 16 s. The reflection arrivals refer to an undisturbed, near horizontal layering. According to the velocity sounding this horizon about 16 s can be interpreted as the top of the LVL. The sections presented also suggest some deep fractures. A possible interpretation (shown in the Figures) is that two of these fracture lines should be connected with the subsidence of the basin floor, they can very likely be traced beneath the Moho discontinuity down to the top of the asthenosphere. This seems to be proved by the appearance of the curved segments beneath the Moho at the left-hand-side southern part of the section. On the northern part the wave-pattern is less disturbed. This implies that the structure seen on the section came into being due to horizontal stresses. Probably the crust acted more rigidly, whereas the upper mantle plastically, under the effect of pressure and this should have been the main reason of the radial fractured structure of the crust upon the folded upper mantle. Let us also observe that the two most marked horizons of the section—the Moho discontinuity and the horizon interpreted as the top of the asthenosphere—do not correlate with the general structural picture. One possible interpretation is that these significant boundaries have quite different properties from the other seismic horizons. Alternatively, it can be assumed that these boundaries later attained their final positions, revealed by the section, than the other horizons. The displacement of these boundaries was due to the changes of some physico-chemical parameters (thermal flow, pressure, gas content) in their vicinity.

The character of the Moho-discontinuity significantly differs on the two sections, processed by different time varying filters. This phenomenon, already pointed out in the Annual Report for 1978, might have the following explanation. It follows from previous results in Hungary and abroad that the vicinity of the Moho-discontinuity has a lamellar, thin-layered structure. We think this lamellation is connected with the transformations of the Moho discontinuity. For example, if the main physico-chemical parameters in the vicinity of the rock undergo some changes due to tectonic movements, the rock will lose its stability around the discontinuity. Taking into account the large amount of time needed for the transformation of the rock structure, we can conclude that the development of the lamellar or layered structure within the instable zones might be due to a rearrangement of the crust. As this rearrangement proceeds, layers of laterally—temporally varying velocities come about at this depth range. Under these assumptions, the changing picture of the instable zone revealed in the various frequency bands can be interpreted as a complex interference pattern of reflections from the lamellae.

c) *Broad-angle transverse reflection profiling.* Shotpoints and geophones proceed along two appropriately spaced parallel lines in order to achieve that near-critically reflected waves be recorded from the Moho discontinuity. Our preference for this method of crustal study in the Transdanubian Central Range has been motivated by the difficult terrain conditions. The main advantage being that it was not necessary to cross the mountain with the shotpoint or geophone lines: areas having much more favourable surface conditions could be followed. At three selected shot points (412⁵⁰, 598⁵⁰, 934⁰⁰) we carried out longitudinal control measurements, mainly for velocity determination.

Field parameters were as follows: distance between the two profiles 60 km, geophone spacing along the observation line 200 m, charge weight 300 kg. Effect of the topography along the profiles and changes in the thickness of the sediments filling up the Triassic basin were taken into account through static corrections. Dynamic correction effects due to the different raypaths were also determined. After the appropriate corrections we obtained a single-coverage time section corresponding to the mid-line.

d) *Recording of deep reflections during general-purpose CDP measurements.* By extending the recording time to 10 s we have succeeded in detecting reflection arrivals from deeper parts of the crust and from the Moho discontinuity. Field parameters were always tailored to the given exploration task. Sections of this type have already been published in Annual Reports 1977, pp. 34—41 and 1978, pp. 31—35.

By compiling all previously obtained reflection and refraction data we constructed a more accurate, modified depth map of the Moho discontinuity in Hungary (*Fig. 45*). In the Transdanubian Central Range the map contains more details, due to the four profiles measured here, than for other parts of Hungary. According to these results the thickest part of the crust can be expected beneath the NW Bakony Mts.

4. In 1980 we completed the development of the basic configuration, and built the prototype, of the **microcomputer-controlled seismic equipment**, in an ELGI—VEB Geophysik Leipzig cooperation. The main concept of development and the modular extension possibilities are shown on the sketch of *Fig. 46*. The 48-channel basic configuration can be used to record explosion generated data with 2 or 4 ms sampling rate, or one can use the 24-channel mode with 1 ms sampling rate. Due to the real-time summing unit, to be supplemented soon by a field correlator, the equipment will also be suitable for seismic prospecting with non-explosive surface sources (DINOSEIS, VIBROSEIS®).

The seismic data acquisition system consisting of analogue amplifiers, a multiplexer, digital gain controller, A/D converter and field display unit can be interfaced to the MO51 microcomputer, or to the R—10 or R—11 minicomputers. These computer-controlled data acquisition systems developed in an

ELGI—VIDEOTON cooperation can successfully be applied in marine prospecting because of their capability of performing simultaneous preprocessing in addition to data acquisition. One of these SDA—1 type data acquisition units was installed on board an oceanographic research ship as part of a computer complex. The prototype of the basic configuration of the SD—20 type unit was also involved in last year's routine field work.

5. Under the auspices of a cooperation agreement for minicomputer development between the Hungarian—Soviet Technical Development Authorities a **multiprocessor computing system** was developed for **oceanographic research ships** between 1976 and 1979. The system is based on the VIDEOTON's R—10 computer, its main task is to provide an on-board automatic data acquisition—processing facility for oceanographic research. The task of the computer complex is to perform the acquisition of the measured data, real time preprocessing, data storage and display. Since typical oceanographic expeditions usually involve some 5—12 months of continuous work, system reliability should generally exceed the usual standards.

The complete system consists of three interconnected quasi shockproof processors and their respective peripherals (*Fig. 47*). The main task of Processor I is to measure certain geophysical (primarily seismic) parameters and large amounts of hydrophysical (e.g. turbulence) data, to store these data and apply to them preliminary real-time processing sequences. Processor II serves for the acquisition, processing and display of the data from several hundreds of hydrophysical sensors. Processor III performs navigation; it also controls and coordinates the work of the measuring complex.

The first, somewhat reduced, oceanographic complex was shipped, for experimental work, to the Academy of Sciences of the Soviet Union, in 1978.

6. In our **shallow seismic reflection research** new vistas have been opened up by the ESS—01—24 equipment, developed under the auspices of the CMEA's INTERGEOTECHNIKA Coordination Centre. In 1978 many experimental measurements were carried out with this equipment. For example, *Fig. 48* shows a time section obtained near Csordakút in a bauxite prospecting project. As energy source served 5 fuses placed in manually drilled shallow holes. Geophone spacing and the base-length of the groups were 5 m, vertical geophones of 40 cps were used. The profile was measured with 300% coverage, 0.5 ms sampling rate. The high-pass filter started at 72 cps, with a 24 dB/octave slope. Dynamic correction was computed according to a constant 2000 m/s velocity. The processing involved a digital band-pass filtering (100—200 cps).

The field experiments have proved successful. The first correlatable reflections around 50 ms, denoted by yellowish brown, correspond to the Eocene surface. The Triassic surface (violet-coloured) appears with a very good energy, facilitating the study of the tectonization of the bauxite floor even at very small depths.

2.2 GEOELECTRIC METHODOLOGICAL AND INSTRUMENTAL RESEARCH

2.2.1 Electromagnetic Methodological Research

*Development of the Multifrequency Electromagnetic Method with Inductive Coupling**

The exploration for Hungarian solid mineral occurrences—first of all bauxite prospecting—necessitated the introduction of a new geophysical technique, meeting the following requirements:

- the resolution power should correspond to the critical dimensions of the bauxite bodies (50—250 m horizontal extension, 10—30 m thickness);
- the method should be able to gain information about the mineral deposit from below the overlying high-resistivity formation (as, for example, Eocene limestone);
- it should give reliable results on exploration depths to about 300 m;
- to promote quick drilling action, the design, execution and processing of the measurements should be completed in 2—3 weeks;
- the method should complement the reflection CDP measurements (it measures a different physical parameter, yields an independent depth determination, it is subject to other field limitations, less expensive, etc.).

It had been anticipated that the development of a novel, effective electromagnetic method would simultaneously satisfy all the above requirements. Theoretical and computational studies were launched in 1976, international cooperation began in 1977. In line with our plans, the first stage of development was successfully completed in 1980.

In 1977 we purchased the SE—77 type multifrequency electromagnetic mapping equipment (Scintrex Ltd.), and carried out the further developments reported in ELGI's Annual Report, 1979.

The instrumental background for the multifrequency electromagnetic sound-

* Farkas I., Kardeván P., Rezessy G., Szabadváry L.

ing (MFS) technique is provided by a MAXI-PROBE EMR—16 equipment (Geoprobe Ltd.). In cooperation with some foreign research institutes and Hungarian university departments we succeeded in solving the computation of the electromagnetic field parameters for the magnetic dipole induction over horizontally layered models. This gave us a possibility to analyse the resolution power of the method and to compare the various ways of data processing. The routine processing of the MFS measurements is now performed, based on the know-how provided by Geoprobe Ltd., on a truckmounted HP 9845S type desk-top computer.

With the MAXI-PROBE the measurements can be performed at 128 discrete frequencies, within the range 1Hz—58 000Hz. The fixed transmitter-receiver distance can range between 80—700 m, corresponding to exploration depths of 30—300 m. The photos in *Fig. 49* show the transmitter and receiver units, and typical field work in a Canadian mountainous terrain.

The gist of the processing technique is that the measured EM field parameter (frequency curve) is transformed to the corresponding apparent resistivity—real depth curve. This latter curve consists of straight line sections, connected in a characteristic zigzag shape. The breakpoints correspond to geoelectric layer boundaries (*Fig. 49*). A line segment inclining to the left with respect to the upper-lying segment denotes a layer of decreased resistivity, right-inclining segments imply higher-resistivity layers. The computer interpretation of these curves results in sections plotted at arbitrary scales and across any given point; these sections form the basis of geological interpretation. Under average conditions, assuming a productivity of 40 sounding curves, the complete procedure is completed within 2 weeks, including the design of the measurement.

The resolution power of the MFS method has been thoroughly checked by a test series. *Figure 50/a* compares the electromagnetic result with the geological column of a corresponding brown-coal exploratory hole, and with its well-log (resistivity). The reference point of the sounding coincides with the borehole. Due to the selected transmitter-receiver distance the focal depth range is 50—200 m. In this range, the deviations between sounding and well-log data did not exceed 4 m. The Eocene coal seam, of 365 m depth, is indicated by the sounding data with some 14 m error. By means of MFS measurements we succeeded in separating 7 layers, layer-boundaries were determined with an average error of $\pm 3\%$.

The vertical resolution power has also been tested, on a bauxite lens (Bakonyoszlop, *Fig. 50/b*). Four frequency soundings of different transmitter receiver distances were carried out, the reference point being kept at the same borehole. The 20—50 m thick bauxite at about 200 m depth was unambiguously indicated by all four soundings. Three boundaries were determined: the bauxite floor (agreeing with the dolomite surface), the upper boundary of the bauxite, and the top of the limestone cover. Standard deviation of the depth values from the

four independent soundings was less than 6 m, deviations from borehole data were about the same.

Both in the exploratory and detailed prospecting stages measurements are generally carried out along profiles. A typical application for brown-coal prospecting is shown in Section 1., Fig. 5. In 1980 five holes were drilled in the Mátyás-Zsámbék region, on the basis of MFS measurements. These exploratory boreholes have verified in all cases the predicted geological models, i.e. the coal seam boundaries and the indicated faults, with a depth error less than 5%.

Figure 51 presents the results of an MFS survey over a bauxite lens near Iharkút (Németbánya, lens No. II), along a dip-direction profile. The geoelectric profile was constructed on the basis of the correlation between adjacent curves (break-points must always be projected to the vertical axis); further geological information can be gained from the apparent resistivity values of the reference axis. Since the measurements bear no information about the upper 30 m, the Eocene-Cretaceous boundary cannot be traced. Within the Cretaceous terrigenous sediments, however, we can clearly delineate three layers so that the dip conditions in the Cretaceous can be accurately determined. The section also contained a bauxite-filled preformed tectonic trench whose fault on its left-hand boundary is old; it cannot be traced in the Cretaceous; the right-hand-side fault is young this faulted the Cretaceous formation. In the well-recognizable Triassic surface this fault appears with approximately the same amplitude as the height of the "jump" of the low-resistivity layer in the Cretaceous formation.

The Németbánya section proves the insensitivity of the method to lateral effects. This significant fact can be explained physically by recalling that, as compared with the VES method, the MFS applies a 6—10 times shorter spread and a vertical magnetic dipole coupling. With these measurements we succeeded in identifying the upper and lower boundaries of the bauxite body at 120 m depth, and of horizontal dimensions less than 50 m.

*Development of Deep Penetration Multifrequency Electromagnetic Method with Galvanic Coupling**

In 1978 we began the methodological research work based on digital measuring techniques. Measurements were performed with an ERS—67 generator station, and DEF—1 type digital five-channel recording equipment, at 21 discrete frequencies within the 0.02—20 Hz range. Two different field arrangements are applied (Fig. 52): we either record by 5 channels the electric component parallel to the transmitting dipole or we measure the total electromagnetic field.

* Csörgei J.

For the selected measuring geometry the ratio of the signal to the natural field (i.e. the signal-to-noise ratio) is generally much greater than 1 (*Fig. 53*); if the signal form is known, this ratio can further be improved by a 30 to 50 fold summing. In this way, the deep MFS curves can be determined very accurately.

The multifrequency sounding curves can be deduced from the measured data by appropriate computer programs (on the IBM 370/145 or the R—35 machines). The computer program (*Fig. 54*) can tackle both kinds of measurements. *Figure 55* compares the sounding curves obtained from the different electromagnetic components with the magnetotelluric sounding curves. The peculiar behaviour of the different MFS curves at low frequencies is in agreement with the theoretical results.

The relative rapidity of the method compared with MT or dc measurements becomes apparent in detailed structural prospecting. There are two ways of interpretation. One approach relies on the interpretation of the curves obtained from measurements with different parameters, on the differential curves or their characteristic points. Of course, we cannot get any real information unless the measured curves are sufficiently accurate and even their slightest differences bear some geologic significance. The other possible interpretation philosophy is quantitative evaluation of the curves (by means of master curves, or otherwise). To apply this second approach, however, it is essential that the peculiar distortions of the MFS curves be well understood.

In 1980 we carried out a deep MFS survey in the Tóalmás region, along the A—12 $\delta/77$ seismic profile, where MT had preciously indicated a strong directional dependence (distortion). The main task of the survey had been to study the directional dependence of the MFS. The direction of the seismic section was shown to nearly agree with the dip of the 2-dimensional structure. Measurements were performed with transmitter dipoles parallel with and perpendicular to, the profile, respectively. Sounding curves were determined on ELGI's R—35 computer though some of the interpretation steps were relegated to the HP—9845A desk-top computer. The strong directional dependence of the MTS was not experienced in the MFS results (MTS and MFS curves are shown in *Fig. 56*).

Interpretation of the electric and 5 component measurements has also been carried out by means of the master curves published by the Oceanological Institute of the Soviet Academy of Sciences. Interpretation results, together with the geological data of the To—2 borehole, are given in *Fig. 57*. It is seen that south of the To—2 borehole an H-type build-up can be expected, as opposed to a QH type north of the hole. The surface of the low-resistivity layer seems to be indentifiable with the lower—upper Pannonian boundary. The Pleistocene—upper Pannonian boundary also appears at the northern part of the section. The results obtained were matched with the A—12 $\delta/77$ seismic section, MFS and seismic depth data were in fair agreement.

Computer processing of digitally recorded MT measurements has been carried out in our Institute as a routine task since 1977, on two machines (MINSK—32, IBM—360/145). The main algorithms of the system were discussed in ELGI's 1977 Annual Report.

In 1980 we further developed the MT processing package and successfully installed it under the OS/VS1 operation system of ELGI's R—35 computer

The flow-chart of the package is shown in *Fig. 58*. Since 1977 the following new procedures have been implemented:

- a) converted data are stored on magnetic tapes so that they can conveniently be reprocessed;
- b) in the main processing program there are several subroutines for increasing signal-to-noise ratio, corresponding to the different types of industrial noise;
- c) graphical display of the results has also been incorporated.

2.2.2 Development of the Induced Polarization Method

*Anomaly Classification in the Börzsöny Mts.***

Results of our instrumental and methodological research work achieved in the last few years were utilized in 1980 for the solution of a number of geological tasks. Even though there are still a number of unsettled questions, we have been able to gain definite evidence that IP measurements carried out by the GP—4 equipment do provide excess information for classifying apparent IP anomalies.

An interesting example is provided by the detailed study of the IP anomaly around the Rózsa mine in the Börzsöny mountains. At this location the boreholes indicated higher sulphide concentration, thin vein-type mineralization, rather than a weak disseminated mineralization as in other locations (for the results and interpretation of previous IP measurements see Annual Report for 1979). The lower part of *Figure 59* shows the $\left(\log \frac{W_1}{W_m}\right)$ relative amplitude—time constant (τ) diagrams for three characteristic decay curves. As evidenced by the core samples, diagrams of a steeply rising tendency (18/98, $T=996$ s) are characteristic to veinlet- and vein-type mineralization; decreasing diagrams

* Kiss J., Varga G.

** Erkel A., Király E., Verő L.

(19/154) correspond to very weak, disseminated mineralization. The apparent polarizability (P_a) section shown in the middle of the Figure cannot be used for similar purposes. The diagram of the 18/112 decay curve is of a transitional character. The relative amplitude—time constant diagrams of the decay curves clearly show the mineralogical differences, verified by boreholes, between parts a, b and c of the profile.

Similar investigations have been carried out for some other IP anomalies (Kuruc-patak, Bányápuszta) where we found a further evidence of the conclusion drawn earlier, on the basis of DIAPIR measurements (cf. Annual Report 1978), that these anomalies appear with similar dynamic IP parameters. Also, we could prove that the W — τ diagrams obtained for these anomalies imply a weak disseminated mineralization. For the anomaly-free regions the diagrams always show a decisively decreasing shape, characteristic of ore-free rocks.

These novel results have not altered our judgement of the ore prospects of the Börzsöny Mts. According to the IP anomaly classification studies it is the Rózsa-mine site alone where more than a weak disseminated mineralization could be expected.

These conclusions can be further corroborated by other investigations. Figure 59 shows the W — τ diagrams corresponding to 31.13 s. Even though these diagrams are similar to those measured with longer charging times, the distinctive features are not apparent. The top of Fig. 59 presents the derivatives of the decay curves computed by Komarov's method. The derivatives corresponding to 996 s deviate from each other in the same way as the W — τ curves whereas those corresponding to 31.13 s show no characteristic feature. The same conclusion can be drawn on the basis of Figs. 60 and 61. The main advantage of the W — τ diagrams becomes evident in the case of very noisy decay curves, the method also gives a possibility to remove electromagnetic coupling.

As for the determination of the dynamic parameters, a definite improvement has been achieved by introducing a new regression method based on Marquardt's algorithm instead of the previously applied interactive method. The recently developed HP—9845 program has eliminated the subjective factors from processing and in addition it is much faster. This has given us a means to check the unambiguity of the results. As Fig. 60 shows, for good signal-to-noise ratios the interactive and regression methods yield almost the same results (18/91). With poor signal-to-noise ratios however, the regression method could give an approximation better by an order of magnitude, the W — τ diagrams are significantly different (Fig. 61, curve 37/133).

The reliability of our geological conclusions is proved by the character of the relative amplitude—time constant diagrams being independent of the way of data processing and, further, that the independent application of the Komarov method gives essentially the same results.

2.2.3. Development of Direct Current Geoelectric Methods

*Direct Current Potential Mapping (PM)**

The methodological development carried out since 1968 (elaboration of the computer processing system and the instrumental research) has resulted in a versatile, powerful technique that can be utilized for a wide variety of tasks and geological models.

In the simplest case potential mapping implies the mapping of the field due to distant, fixed, (d.c.) supply electrodes along profiles parallel with the "power supply line". The quantity measured by the pair of measuring electrodes M, N is the magnitude of the potential gradient (*Fig. 62*). The only difference from the usual resistivity mapping is that the supply electrodes A, B are kept at a fixed position throughout the measurement. This enables much faster field work and, on the other hand, eliminates a number of field distortions and other mathematical intricacies.

An important application of this very simple procedure is when we have to obtain a first guess about the depth of the high-resistivity basement, overlain by a homogeneous cover of much lower resistivity. When this happens the summarized conductivity S of the overlying formation can be defined as

$$S = \int_0^H \frac{dh}{\varrho} = K_p(r_A, r_B, r_M, r_N) \frac{I_{AB}}{\Delta V_{MN}}$$

where K_p is a computable expression depending on the electrode locations (geometric, or normalizing factor), I is the supply current, ΔV the measured potential gradient.

The result of the PM measurements is a conductivity (S) map. For a homogeneous sedimentary cover, the conductivity will be proportional to the thickness of the conducting formation, i.e. the depth contour map of the high-resistivity basin floor is easily obtained. The interpretation of S maps is quite simple: in the case of a homogeneous cover conductivity highs refer to basement depressions, lows imply elevated parts. There are quite a few geological prospecting tasks that can be described by such a model, just recall the search in bauxite prospecting for tectonically preformed karstic trenches, or for small cavities in the dolomite floor; the tracing in coal prospecting of the Mesozoic floor of basins filled by Paleogene—Neogene sediments, or karst-water prospecting where one has to detect faults and fracture lines in the high-resistivity (karstic) carbonate basin floor.

It should be kept in mind that even in this very simple case the conductivity-

* Kakas K.

map might have some inherent ambiguities, e.g. any faults steeper than 60° will produce the same conductivity map (independently of their slope). To overcome this problem, simple depth computations should always be checked by physical—mathematical modelling. Detailed examples will be given in the next section.

If the resistivity contrast between the basin floor and the overlying sediments is not sufficiently high, or in the case of some high-resistivity interbeddings in the sedimentary cover, the proper selection of the length and position of the supply line could be critical. Even though it is possible to compute and apply normalization models for any layer configurations during computer processing, in the more complex cases it is advisable to determine—by model studies and field experiments—which is the optimal AB distance for mapping a given boundary. The procedure is termed the *optimization of the AB supply line*. Section *b* of Figure 62 (Csordakút region) shows conductivity maps obtained by different AB distances. The fault in the Triassic surface appears most clearly on the map measured by the $AB = 1260$ m supply line length. If the target to be explored (e.g. a bauxite body) is situated under a screening (insulating) layer, even this optimization could fail and some alternate approach (e.g. the down-hole—surface, or down-hole—down-hole methods) should be applied.

A further problem arises if the direction of the introduced current (or, what is more or less the same, of the supply line) is not perpendicular to the structure to be explored. For example, if the supply line is placed parallel with a fault, no indication of this fault will appear on the conductivity map (current equalization). Since prior to the mapping one can only roughly guess the direction of the main structural lines, we have developed a new version of the technique which is already direction-invariant; that is, the conductivity map becomes free of the spurious anomalies due to the particular lay-out of the supply line.

For the field-strength vector \vec{E} we have, formally,

$$\vec{E} = [S^{-1}][K]\vec{I}$$

where $[S^{-1}]$ is the inverse conductivity tensor consisting of 4 elements, characterizing the conductivity distribution; $[K]$ is some given normalizing tensor containing the geometric effects, \vec{I} is the strength vector of the supply dipole. The elements of the tensor S^{-1} contain the geological information. It can be proved that the determinant of this tensor is invariant with respect to the direction of the supply line; further, by an appropriate definition of this determinant, it will yield in the limiting case the usual, physically interpretable value of conductivity. This value is termed *invariant conductivity*. In order to determine the elements of S we have to measure at some selected points 4 potential-gradient values, due to two (possibly, perpendicular) supply lines. It has been found that this “invariant mapping” is really invariant with respect to the “equalization of the electric field” and to other field distortions.

It has turned out during further field experiments that the determinant of this 4 element tensor mainly depends on the magnitude of the elements in its main diagonal. Consequently, we obtain a reasonable result if we measure only the "main values", i.e. the potential gradients parallel to two perpendicular supply lines. This means that we have only to perform two measurements at a given point. This "*two-directional potential mapping*" results in the average conductivity map

$$\tilde{S} = \sqrt{S_1 \cdot S_2}.$$

A sketch of the two supply lines and electrode pairs is illustrated in *Fig. 62/a* and *c*.

In practice, we separately interpret the S_1 map, then the S_2 map, measured by a supply line perpendicular to the first one; then, from these two maps, we determine the main structural lines. The \tilde{S} map will then be utilized for a reliable depth construction.

To illustrate the above-mentioned method we refer to a model tank experiment. The aim of this experiment was to study the mapping of a cylindrical high-resistivity body (*Fig. 62/c*). Map S_1 gives the (uni-directional) conductivity map measured with an E—W directed supply line, S_2 the conductivities measured with a N—S directed supply line. (Observe the distortion due to current equalization). The average conductivity map, however, fairly well reproduces the circular shape of the anomaly (*Fig. 62/d, e, f*).

*Direct Current Mathematical and Physical Modelling**

In order to increase the productivity of the traditional geoelectric methods in regional survey, to solve the problems of the detailed survey and production control it has become essential to further develop the methodology and geological interpretation of the dc methods. The following were some of the main tasks to be solved:

- to select the most effective dc geoelectric method for the different types of geological models;
- to elaborate new procedures of depth computation for the explored horizons, to substitute the usually applied qualitative methods by well-founded computerized algorithms;
- to apply all these results for the design of field measurements.

These tasks have been tackled by two approaches: by *mathematical modelling*, and by *physical (analogue) modelling* carried out in the Electromagnetic Modell-

* Simon A., Szabadváry L., Szarka L., Szigeti G.

ing Laboratory (EML) established in the Geodetical and Geophysical Research Institute (GGRI) of the Hungarian Academy of Sciences, Sopron, Hungary. The EML was jointly established by the Geophysical Exploration Company by the GGRI of the Hungarian Academy of Sciences, and by ELGI. The main task of this laboratory is to carry out model studies on electromagnetic frequency sounding and profiling, and on MT measurements. By considering the behaviour of the Maxwell equations towards similarity transformations it can be shown that, for the physical dimensions of the model tank, dc measurements can be modelled by ac induction in the audio-frequency range. The well-equipped, highly automated laboratory supplies reliable measurement data. In 1979 we were mainly concerned with the modelling of the PM (potential mapping) method.

At the present time, physical modelling can be applied to a great number of structural forms. Mathematical modelling, on the other hand, has the advantage that if we already have an appropriate program for a given type of structure, only the parameters should be changed until we arrive at the solution of a given inverse problem.

We think the best way to utilize the complementary advantages of these two approaches is their coordinated, joint application. By means of physical modelling we investigated 2-dimensional structures, such as vertical and dipping faults, two-step faults, overthrusts, horsts, grabens and 3-dimensional bodies (parallelepiped elevations and depressions). A few of these results are shown in *Fig. 63*. For the fault model the results of mathematical and physical modelling agreed within 2%. On the basis of this finding we computed a 1/S curve chart by means of mathematical modelling for the interpretation of field measurements (*Fig. 64*).

In 1980 we succeeded in extending the conformal mapping approach to ellipsoidal depressions, where the width and depth of the depressions can be changed independently. An S curve over such a structure is shown in *Fig. 65*.

We developed an approximate depth computation method for the down-hole—surface and down-hole—down-hole mapping techniques, for a two-layered model, the second being practically an insulator with respect to the overlying one.

The computation is based on the following assumptions:

- the horizontal dimension of the structural element is comparable with the average depth of the second layer;
- depth variation does not exceed 20–30% of the average depth.

If these conditions are met, the electric field strength can be derived from the normal field corresponding to a horizontally layered medium, by means of the series development with respect to depth:

$$E = \varrho E_0 + \varrho \left. \frac{\partial E_0}{\partial h} \right|_{h=0} \Delta h + \dots$$

Thus, for the depth one obtains

$$h = h_0 + \Delta h = h_0 \left(\frac{E}{\varrho} - E_0 \right) K$$

where h_0 is average depth of the second layer, E the measured field strength, E_0 normal value of the field strength, ϱ the specific resistivity of the first layer and K is a coefficient depending on electrode array and on the parameters of the normal model.

Practical steps of the procedure are as follows:

- the measured field strength is corrected with respect to the horizontal variations of the specific resistivity of the sedimentary cover (resistivities are obtained from the resistivity map constructed from VES and well logging data);
- depth computation proper. This includes the corrections with respect to the spatially varying K factor in field-strength—depth relationship.

The program was prepared for our field-based computer centre, it executes the two processing stages optionally either in two separate steps, or in a single run. As a result we obtain, correspondingly, either a corrected conductivity map, or a depth map.

2.2.4 Geoelectric Instrument Development

*The TEM-80 Telluric Equipment**

In the last decade the magnetotelluric (MT) method has found an ever-increasing acceptance all over the world. It has also become clear, however, that for a number of tasks generally solved by MT it is more convenient to use in the exploratory and in the detailed prospecting stages the 10- or 20-times faster and cheaper telluric (TE) method. This has necessitated the supplementing of the stock of up-to-date, frequently computer-controlled MT equipment by TE equipment of similar capacity.

The TEM—80 type telluric equipment (*Fig. 66*) has been developed to meet such requirements. Its analogue amplifiers are identical to those used in the electric channels of ELGI's DEF—1 type MT equipment, the active filters measure in somewhat narrower frequency bands. Measured data are converted to digital signals, to be preprocessed in real-time by means of the built-in memory and arithmetic units. Output from this processing is the so-called *total value*, computed for the four horizontal components. (Two of these are measured components, the other two are computed by the instrument).

* Borsányi A., Nemesi L., Széles G.

Total values corresponding to 5-minute time intervals are printed out, together with the relevant data describing station coordinates, date and time, sensitivity, filter bands, etc. Synchronization between the base and the mobile station is provided by digital clocks.

The preprocessed data can be fed into an HP—97 minicalculator to yield the usual telluric parameters within a few minutes.

The schematic sketch of the TEM—80 is shown in *Fig. 67*. The basic units of the equipment and their function are given here:

- 1 — preamplifier, manual SP buckout, active filters;
- 2 — analogue calibrating and comparator unit, for relative calibration and overload protection of preamplifier;
- 3 — multiplexer and a/d converter;
- 4 — arithmetic and memory unit to compute total values from sampled Δx , Δy data, for data storage, and to control print-out and indicator board;
- 5 — printer and numerical indicator for the automatic preparation of the measurement protocol;
- 6 — digital clock to synchronize the sampling rates between base and the mobile station, to mark out 5-minute intervals, to provide timing for the protocol;
- 7 — microprogrammed control unit coordinates the functioning of the separate units, runs over-all tests, prepares protocols.

Specifications:

Number of input channels	2
Noise level with respect to input	0.5 μ V
Max sensitivity	0.5 μ V/bit
Maximum input level	in six sensitivity ranges, between ± 1 mV and ± 243 mV
Resolution	sign + eleven bits
Input resistance	1 Mohm
Attenuation of 50 Hz	80 dB/octave
Amplitude identity	$\pm 1.5\%$
Time identity	50 ms
Dimensions	400 \times 500 \times 170 mm + power supply of same size
Energy source	E—1500 Honda generator

In the new generation of the DIAPIR instrument family—developed in 1980—we introduced some new ideas for measuring the primary and secondary signals and improving the signal-to-noise ratio:

- we measure the *area of the signals* rather than their amplitudes at a given point, for variable charging — integration times. By increasing the integration time one can significantly improve the signal ratio compared with high-frequency, quasi-harmonic, industrial and telluric noises;
- the primary and secondary signals induced by impulses of alternating sign are digitally filtered. This solution completely eliminates the linear distortions (offset of the amplifiers and electrodes, drifts, long period tellurics, etc.);
- a further signal-to-noise improvement can be achieved by multifold summation;
- the decaying signal is sampled at 8 equidistant time instants — independently of the length of the charging time. The main advantage of this solution becomes evident in such particular exploration tasks where besides a reconnaissance, or regional survey (i.e. $\rho_a - P_a$ measurements) we are also interested in the dynamic parameters, i.e. in the form of the decay curve.

The charging and measurement time can be increased in six binary steps from $T_k = 1.6 - 51.2$ s:

$$T_k = 0.8 \cdot 2^k \quad k = 1 - 6$$

In the measurement of the primary signal the integration time linearly varies with induction time:

$$dT = \frac{10}{16} \cdot T_k.$$

A main point in the selection of the charging time is that the disturbing effect of the induced eddy currents should be eliminated. Charging time T_k and the beginning of the integration time T_0 are related by

$$T_0 = \frac{6}{16} \cdot T_k,$$

that is, if we select T_0 such that $T_0 \geq T_i$, where T_i is the time instant when the amplitude of the distortions due to the eddies is already negligible, this disturbing factor automatically disappears.

* Erkel A., Simon P.

To simplify processing, the ratios of the sampling times of the decay curve corresponding to the n th sample ($n=1, 2, \dots, 8$) to the total charging time are kept fixed for all charging times:

$n=$	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{T_k}{t_n} =$	$\frac{16}{1}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{16}{11}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{16}{15}$

where t_n represents the sampling time of the decay curve, n is serial number of the sample.

This solution is especially advantageous in the determination of the apparent dynamic polarizability.

In the selection of the number of impulses (N) we have to satisfy the inequality

$$N \cdot T_k < \frac{T_E}{2},$$

where T_E is the period of the telluric field, T_k the charging time, allowable values of N can be 4, 6 or 10.

Table I shows the results of laboratory measurements by the DIAPIR—4008/N instrument (Page 000.).

An IP signal corresponding to 1.6 s charging time was mixed with sinusoidal noises of different frequencies and of some 10-times higher amplitude, and with "linear" noises, respectively. It can be observed that the effect of linear noises, and of those of higher than 50 Hz frequency, were almost totally eliminated by multifold summation.

Within the residential area of Budapest a five-fold relative signal-to-noise improvement was achieved, with a four-time reduced supply current:

	T_k	I	N	$\Delta V_T\%$
DIAPIR—E	6.4 s	100mA	10	$\pm 23.9\%$
DIAPIR—4008/N	1.6 s	25mA	4	$\pm 4.8\%$

Table I

Laboratory test with DIAPIR—4008/4 instrument

Noise frequency (f)		Linear noise		0.02 Hz		0.03 Hz		0.05 Hz		4 Hz	8 Hz	18 Hz	50 Hz	100 Hz
No. of summations				4	4×4	4	4×4	4	4×4	4	4	4	4	4
Serial No. of the sample taken from the decay curve	Deviation of the summed values from the noise-free value		ΔU _t %		ΔU _t %		ΔU _t %		ΔU _t %					
	Noise-free value													
1.	9.40	0.0	2.6	0.4	2.7	0.9	6.0	0.6	0.8	2.2	0.0	0.0	0.0	0.2
2.	8.17	0.0	3.0	0.5	3.0	1.1	6.5	0.6	0.6	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3
3.	7.11	0.0	3.4	0.4	3.8	1.5	7.2	0.4	0.3	2.8	0.1	0.3	0.3	0.3
4.	6.19	0.0	3.7	0.2	4.4	1.8	8.0	0.4	1.5	4.7	0.0	0.0	0.0	0.2
5.	5.40	0.0	3.9	0.3	5.2	2.5	9.3	0.3	1.1	3.0	0.2	0.0	0.0	0.0
6.	4.69	0.0	4.3	0.3	6.0	2.8	9.4	0.5	1.7	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0
7.	4.09	0.0	4.4	0.5	6.9	3.4	8.8	0.6	2.5	5.9	0.0	0.0	0.0	0.3
8.	3.55	0.1	4.5	0.8	7.3	3.9	8.2	0.7	3.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.7

2.3.1 Nuclear apparatus design*

The latest result of many years of developmental work in nuclear apparatus design is that a further unit for the *coal exploration sonde* has been created. A schematic diagram of the coal exploration sonde is presented in *Fig. 68*. This sonde represents a three-channel system measuring simultaneously natural gamma radiation, borehole diameter and layer density. The caliper and density pads are pressed by an electromotor driven mechanism against the borehole wall and pulled back. The driving mechanism was designed in 1979 in a form permitting it to be used as a basis of a three-arm caliper sonde family (Annual Report of ELGI, 1979). Information from all channels emerges in the form of pulses at the surface. These pulses can be processed by any three-channel surface module designed in ELGI.

The electronic cartridge of the sonde has been built up of the most up-to-date CMOS and bipolar integrated circuits arranged uniformly in a stainless steel casing. A block diagram of the electronic circuits is presented in *Fig. 69*. Specifications:

Diameter (with arms closed)	60 mm
Length	approx. 2600 mm
Pressure	max. 35 MPa
Working temperatures	up to 120 °C
Borehole diameter measurement range	60 to 800±1 mm
Density measurement range (by nuclear principle)	1 to 3 ±0.05 gr/cm ³
Gamma radiation measurement range	1 µr/h to 100 µr/h

In the course of the year the new *nuclear surface panel type KRF—3—220K* has been completed. Though the first consideration in designing this panel was to meet the Hungarian petroleum industry's requirements, on the basis of its characteristics it can be matched with any modern logger. It permits the processing of signals from three nuclear (or other pulse-type) measuring chan-

* Bartos F., Békés T., Korodi G., Liszt F., Morvai L.

nels and from the collar casing locator. The mechanical frame of the apparatus is made in KONTASET system with plug-in cards.

The apparatus has been constructed in the modern AMPLITUDO MULTIPLEX® system designed in ELGI for well logging equipment using up-to-date CMOS and bipolar integrated circuits. The panel furnishes direct voltage proportional to the number of pulses on the outputs of individual channels, and when a two-channel neutron—neutron sonde is used it also furnishes information proportional to porosity. Its main units are shown in Fig. 70.

The porosity calculating device type ACP of the above units can be regarded as a novelty in the methodology of well logging. For rocks of identical material composition having different porosities the following relationship is maintained between porosity and pulse number as measured by the neutron—neutron sonde:

$$\ln P = a - b N$$

where P is the porosity, N the pulse number, and a and b are constants.

The relationship may be proportional to porosity ranges encountered in the practice of well logging for appropriate sonde lengths, but it depends strongly on borehole conditions. This can be avoided by using a two-channel sonde with the aid of the formula that can be realized with the following analogue circuits as well

$$P = \exp a \cdot \exp \left[-b \left(\frac{N_H}{N_R} - \frac{N_{H_0}}{N_{R_0}} \right) \right]$$

where N_H is the pulse number in the long channel, N_R the pulse number in the short channel.

Index 0 represents a high porosity point of the characteristic curve.

The relationship can be plotted as a straight line in a corresponding system of coordinates (Fig. 71). It is obvious from the Figure that the electric circuit realizing the above formula can be adjusted on two points of adequate porosities.

In the progress of *XRF apparatus design* a sonde with 33 mm diameter (type KRGE—1—50—33x) was completed in 1980 which is suitable for use even in shooting holes of mines. The sonde can be lowered into the borehole with the aid of drilling rods. The XRF probe enables one to perform the energy selective measurement of low energy (3—30 keV) induced characteristic radiations. The casing of the sonde is made of plastic reinforced polyester resin bearing berillium windows 0.5 mm thick. Good resolution of the sonde is ensured by a pair of differential filters controlled from the surface panel (Annual Report of ELGI, 1978).

To perform express analysis of drilling cores for ore content the *core analysis cartridge type KRF—1—12x* has been designed. This cartridge permits one to carry out non-destructive rapid determination of rock composition in cores. The cartridge contains a proportional counter of high quality and an XRF ra-

diation source. In front of the sensitive surface of the detector are 6 replaceable mechanical filters. Individual components of the ore content in cores can be separately determined depending on the material of the filters (Fig. 72).

2.3.2 Nuclear methodological research

*Investigation of calculated and modelled neutron fields**

In 1980, ELGI commissioned the Geophysical Department of Eötvös Loránd University to calculate master curves using the four group diffusion theory.

The solution of four-group equations of neutron diffusion was performed for two-layer (borehole and layer) cylindrical models. In the result of these calculations master curves are available for thermal and epithermal neutrons in matrixes of limestone and sandstone, defining the relation between borehole diameter d (0 mm to 254 mm), sonde length (30 cm to 90 cm) and neutron porosity Φ_N (0 to 40%).

A mathematical procedure, matching the master curves to model measurements was further developed in ELGI and generalized for the four-group case.

If the dependence is known of the neutron flux on energy and location in the volume element dV of the neutron detector having a volume of $V [F(E, r)]$, as well as the macroscopic cross-section of the nuclear reaction $\Sigma^{(m)}(E)$ on which the measurement relies, then counting values (N) lasting for the given time $t=t_0$ can be determined by the integral relationship:

$$N = \int_{t_0} \int_V \int_E \Sigma^{(m)}(E) \cdot \varepsilon(E) \cdot F(E, r) dE dV dt \quad (1)$$

The measuring sonde causes the flux distribution to change and this effect is expressed by the factor $\varepsilon(E)$.

Relationship (1) can be transformed after the physical conditions are simplified and modified to match theoretically calculated fluxes and actual counts in the four-group case. It is assumed that the neutron flux $F(E, r)$ is independent of location within the detector and identical to the theoretical flux calculated for the geometric centre of the detector $r=r_0$. The integral containing energy as a continuous variable (1) can be transformed into a sum after the group fluxes have been introduced:

$$N = 60 V \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \int_{E_i'}^{E_i''} \Sigma^{(m)}(E) \cdot F(E, r_0) dE = 60 V \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \cdot \Sigma_i^{(m)} \cdot F_i(r_0) \quad (2)$$

* Andrassy L.

where ε_i is the average of $\varepsilon(E)$ in the i th group,
 $\Sigma_i^{(m)}$ is the average of $\Sigma^{(m)}(E)$ also in the i th group.

Factors ε_i are obtained from the recalculation of theoretical master curves and calibration measurement data. The values $\Sigma_i^{(m)}$ are determined theoretically.

When matching data from the calculated and the modelled neutron field it should be taken into consideration that the conditions of calculation and modelling are not identical, thus they cannot be aligned for the same moment. Even though the theoretical calculations approximate and describe the spatial distribution of neutrons with the aid of a mathematical relationship almost in a spectral manner for the four-group case, model and field measurements do not permit one to distinguish groups (they are limited basically to detecting thermal neutrons).

To increase the accuracy when determining back-ground radiation a cadmium filter was put on the detector of the measuring sonde for experimental purposes.

The main steps of the calculation procedure used to match master curves and calibration data are as follows:

1. Using four-group two-layered master curves—epithermal neutrons (index 3) and thermal neutrons (index 4)—a modified version of the master curves is calculated taking into account sonde parameters (sonde length, detector length and detector diameter) and neutron source intensity (Fig. 73). In this Figure $G_3(\Phi_N) = 60 VC\Sigma_3^{(m)} F_3$ and $G_4(\Phi_N) = 60 VC\Sigma_4^{(m)} F_4$, where C is source intensity.

2. The modified version of the master curves being known, the so called normal equations are written for thermal and epithermal neutrons. The normal equations maintain the relationship between counts as determined by model measurements (N_{measured}), the values $G_3(\Phi_N)$, $G_4(\Phi_N)$ and factors ε_3 and ε_4 characterizing the flux "depression".

The general form of the normal equations is as follows:

$$\begin{aligned} N_{3j} &= \varepsilon_3 G_3(\Phi_{Nj}) + \eta_3 \text{ for epithermal neutrons,} \\ N_{4j} &= \varepsilon_4 G_4(\Phi_{Nj}) + \eta_4 \text{ for thermal neutrons,} \end{aligned} \quad (3)$$

where j is 1, 2, ... M ; M is the number of calibration points;

η_3 and η_4 are the values of background due to the sonde casing.

The normal equations furnish the values of ε and η :

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \{N_{3j} - \varepsilon_3 [G_3(\Phi_{Nj}) + \eta_3]\}^2 &= \min. \\ \sum_{j=1}^n \{N_{4j} - \varepsilon_4 [G_4(\Phi_{Nj}) + \eta_4]\}^2 &= \min. \end{aligned} \quad (4)$$

As an example, data are presented of measurements performed on model arrays of two different diameters (N_{measured}) as well as the statistical error of the measurements (σ), counts (N_c) calculated by the relationships (3), and differences between measured and calculated counts (*Tables II and III*).

Table II.

Φ_N	d=214 mm							
	EPITHERMIC				THERMIC			
	$N_{\text{meas.}}$	σ	$N_{\text{calc.}}$	$N_m - N_c$	$N_{\text{meas.}}$	σ	$N_{\text{calc.}}$	$N_m - N_c$
14.86	491	35	506	-15	5419	116	5516	-97
16.97	472	34	459	+14	4888	111	4883	+5
20.50	397	31	388	+9	4273	103	4123	+150
41.00	207	23	212	-5	1745	66	1801	-56

Table III.

Φ_N	d=150 mm							
	EPITHERMIC				THERMIC			
	$N_{\text{meas.}}$	σ	$N_{\text{calc.}}$	$N_m - N_c$	$N_{\text{meas.}}$	σ	$N_{\text{calc.}}$	$N_m - N_c$
14.20	1092	52	1073	+19	12 163	174	12 000	+163
19.10	775	44	807	-32	8 806	148	9 049	-243
36.00	406	32	394	+12	3 132	88	3 052	+80

Parameters ε and η can be calculated for any diameter with the aid of linear interpolation in addition to the diameters listed in the Tables. The following transformation equations permit the use of the modified master curves:

$$G_{3j}(\Phi_{Nj}) = \frac{N_{3j} - \left[\frac{\Delta\eta_3}{\Delta d} (d-150) + \eta_3 \right]}{\varepsilon_3 - \left[\frac{\Delta\varepsilon_3}{\Delta d} (d-150) \right]} \quad (5)$$

$$G_{4j}(\Phi_{Nj}) = \frac{N_{4j} - \left[\frac{\Delta\eta_4}{\Delta d} (d-150) + \eta_4 \right]}{\varepsilon_4 - \left[\frac{\Delta\varepsilon_4}{\Delta d} (d-150) \right]}$$

The values ε and η relate to a basic diameter of 150 mm. After the transformations have been performed, with the knowledge of the calculated $G_3(\Phi_N)$ and $G_4(\Phi_N)$ values and the borehole diameter it is possible to calculate neutron porosity values Φ_N from the modified master curves.

Methodological investigations were performed to determine the composition (radioactive elements) of rocks using energy-selective logging techniques of measuring natural gamma-radiation. These investigations were realized in accordance with task 5.1.1 of INTERGEOTECHNIKA.

In the course of log interpretation the content of thorium, uranium and potassium in rocks was estimated thereby furnishing important clues for quantitative and qualitative determination of clay content in rocks penetrated by boreholes, for lithological investigation of rocks and for stratigraphical correlation.

Determination of thorium, uranium and potassium content requires the calibration of logging equipment for energy; the determination of the corresponding radioactive materials in turn requires the quantitative calibration of measuring instruments. The measurements were carried out with an arrangement composed of an energy-selective sonde type KRGE—1—120—60s and surface unit type KRF—4—12 An, where the following energy windows were opened:

window 1 (K^{40} —1.46 MeV)	1.34—1.55 MeV
window 2 (RaC —1.76 MeV)	1.60—2.03 MeV
window 3 (ThC'' —2.62 MeV)	2.45—3.00 MeV
window 4 (quasi-integral)	1.34—3.00 MeV

For our investigations a system of standard rock samples was prepared in ELGI. This was used to conduct a quantitative study of natural gamma-radiation in rocks penetrated by a borehole. A scheme of the standard system is presented in *Fig. 74*. The individual beds are hermetically sealed from one another in order to prevent escape of radon and thoron gases created in the process of radioactive decay. The standard system consists of 6 beds with differing potassium content, 3 beds with differing thorium and 3 beds with differing uranium contents. The content of radioactive materials in the standard samples embraces the range of values encountered in well logging practice except for boreholes sunk to explore radioactive ores.

The standard system enabled the mentioned well logging arrangement to be calibrated. Quantitative calibration of spectra recorded by the ASA—1024—16 equipment was performed for individual radioactive components. A linear relation was observed between counts and equilibrium amount of natural radioactive materials. In *Fig. 75* an example is presented of the relation between thorium content and counts within various energy windows. The content of individual radioactive materials was calculated with the knowledge of the directional tangent of calibration straights. For this calculation the stripping meth-

* Dorkó R.

od was used in the case of continuous logging, while for point-by-point measurements performed with the ASA—1024—16 equipment the net area method (area under the effective peak) was used. The equation system of the stripping method for interpretation is as follows:

$$\begin{aligned} N_3 &= m_{3t} \cdot \text{Th} \\ N_2 &= m_{2u} \cdot \text{U} + m_{2t} \cdot \text{Th} \\ N_1 &= m_{1k} \cdot \text{K} + m_{1u} \cdot \text{U} + m_{1t} \cdot \text{Th} \end{aligned} \quad (6)$$

where $N_{1,2,3}$ represent pulse numbers counted in various energy windows, $m_{i,j}$ is the relationship between the content of the investigated radioactive material and the counts in the corresponding energy window, and K, U, Th are potassium, uranium and thorium contents.

In the "net area" method there is a simple linear relationship between the obtained counts and the content of the corresponding radioactive material. As an example of how to use the foregoing a log run in a bauxite well is presented (Fig. 76). It can be seen that the clayey interbeddings can readily be separated within the bauxite-containing complex.

2.3.3 Methodological investigations in field*

X-ray radiometric investigations in mines

In 1980 the method and technology of X-ray radiometric measurements were promoted in a deep exploration well at Recsk. In addition to point-by-point measurements the technique of continuous logging was also introduced which can be realized in both dry and water (mud) filled holes. Apart from developing measuring techniques in the methodological respect it was our fundamental task to elaborate a quantitative interpretation of logs, i. e. to determine the copper content in ore-bearing sections penetrated by boreholes.

X-ray radiometric investigations were performed in the framework of integrated geophysical logging using a sonde type KRGE—1—50—36x. The measurements were carried out in energy-selective mode in the energy range 7.8—8.6 keV (in the energy window of 0.8 KeV). Cores of this drilling were chemically analysed at 10 cm spacing by the OÉÁ** laboratory, thus the XRF data recorded in the hole was also averaged at 10 cm intervals then compared with the results of chemical analysis. In this way a relation was obtained permitting the deter-

* Békés T., Honos P., Karas Gy., Morvai L., Szunyogh F., Viola B.

** National Ore and Mineral Mines

mination of the ore-content of rocks (in Cu%) from log data. On the basis of the obtained data the applied equipment can be used to determine copper contents over 0.3—0.4% with great reliability. A calibration diagram of the equipment is shown in *Fig. 77*.

Investigation of ash content in coal seams

Simultaneously with the elaboration of an optimal measuring complex for coal exploration measurement and processing techniques were designed to permit the ash content of certain coals to be determined.

In 1980 the bulk of logging operations for coal was conducted in the Mizserfa area of the Nógrád Coal Mines, thus measured materials of this area were involved in creating the methodology of this type of measurement.

Genetic and structural conditions of the beds were investigated with the aid of triangular-cross-plots in the coordinate system of bulk density and natural activity (with vertices corresponding to coal, sand and clay parameters). Curves plotted in such a way reflect the structure of beds in a new aspect identically for identical beds (according to their position in the cross-plot diagram) and they thus contribute to unambiguous identification of beds.

The ash-content is determined partly by calculating the bulk density from gamma—gamma logs, partly by the selective gamma—gamma measurements being sensitive to effective atomic numbers. Laboratory data on coals required for the investigations were furnished by the Nógrád Coal Mines. *Figure 78* shows the ash contents calculated from the gamma—gamma logs for beds III and II in boreholes T—1 and T—9 as well as laboratory analysis data. There is good agreement between measured and calculated values.

Bauxite exploration in mines

In the Csordakút plant of the Tatabánya Coal Mines, experimental then routine logging was carried out in the course of the year. Our measurements were performed in dry holes sunk in mine galleries for the purpose of detecting bauxite bodies underlying coal beds.

For contouring and evaluating the quality of bauxite deposits the neutron-activation method was used with measuring techniques modified according to mine conditions.

The log material obtained in well No. Csb—46 is presented in *Fig. 79*.

2.3.4 Development of computer controlled well logging and express processing systems*

Within the framework of task 5.4.1 of INTERGEOTECHNIKA, the international approbation of the *KD—20 micro-computer controlled* well logging and express processing station was successfully conducted in 1980. Following this, a demonstration of this station was carried out in Czechoslovakia. The station was described in the ELGI's 1978 Annual Report.

The *KD—30 digital apparatus*, completed by a calculator (*Fig. 80*), designed in 1980, is matched with the K—500 logger family of ELGI by its mechanical and electric construction and simple operation techniques, but it can be adjusted to any other well logging system suited to perform measurements in deep wells. A block diagram of the measuring and express processing system is shown in *Fig. 81*.

This logger permits the realization of interactive interpretation by displaying the final 25 m long section of measured data in four channels on the cathode ray screen built in the KD—30 apparatus, where the displayed curves follow the movements of the sonde. This permits one to mark off boundaries of beds or maximum—minimum sites. In the last quarter of curves moving over the screen there is a standing light beam perpendicularly to the depth axis. Data defined by the light beam and the actual depth value can be delivered into a calculator attached to the equipment, if the operator wishes to interpret data at the given point.

The PTK—1096 type calculator—together with the KA—100 printer—ensures interpretation in the form of a dialogue. Constant values needed for interpretation are entered by answering questions appearing on the printer.

As to its set of orders and storing capacity this calculator is identical to the well-known TI—59 calculator of Texas Instruments. Interpretation—according to the user's desire—is performed by programs in an electronic store (ROM) or recorded on magnetic cards. The programs calculate corrections or empirical formulae by simplified relations with a very good approximation. The program system was compiled to interpret water, coal, bauxite and uranium exploration wells and permits the simultaneous interpretation of five beds. Results are displayed. Interpretation can be performed either in the field simultaneously to the measurement or subsequently by data being played back from magnetic tape.

For multi-parameter measurements the apparatus permits the correction of depth shifts caused by the spacing between detectors on the sonde. Such correction is indispensable for local express interpretation. ELGI has also de-

* Baráth I., Dankházi Gy., Horváth F., Josepovits Gy., Morvai L., Pákozdi I.

signed interface units to enter data of cassette type magnetic tapes in various types of computers (e.g. R—10; TPA/S; MINSZK—32; HP 9825 and HP 9845).

2.3.5 Computer processing of well logging data

*Geophysical log interpretation system (SZIVER)**

Development commenced simultaneously to putting an R—35 computer into operation. This system was designed to interpret data measured in solid mineral and water exploration wells.

In the first stage of realization the following methods were programmed or adapted in FORTRAN—IV language:

- automatic correlation of relative depths on logs;
- point-by-point correction of logs by master curves;
- preparing cross-plots including frequency and Z-plots;
- statistical lithological interpretation by depth points;
- marking off boundaries of beds by correlation;
- determining characteristic bed parameters;
- correction of individual layers by master curves;
- lithological interpretation of individual layers;
- interpretation according to raw material (e.g. calculation of porosity, bulk density, water saturation, ore content, caloric value, ash content) by master curves.

Further development of the program system will permit processing to be realized for individual wells and areas.

*Correlation method to determine simultaneously acoustic propagation velocity and attenuation***

A correlation method has been devised to mark off longitudinal and transversal wave packages, to determine their characteristics and—if conditions permit—to recognize direct waves, too. Recognition of direct waves permits one to evaluate the accuracy of measurement by comparing the propagation velocity of direct waves with the well known velocity value of propagation in water. At the same time the actually measured propagation velocity in pore fluid is intended for use in the calculation of acoustic porosity.

* Szendrő D.

** Békássy Cs.

The correlation method includes two main steps, viz:

1. establishing the correlation function for each depth point, searching for maximum;
2. qualification of Δt values obtained by correlation on the basis of the continuity of the Δt diagram used as a criterion.

Parameters obtained by the correlation method:

- goodness of correlation,
- Δt time shift between the two receivers corresponding to propagation time,
- total energy of correlated wave packages on both receivers (square sum of amplitudes).

From these data the Δt , velocity, amplitude (i.e. amplitude ratio) and attenuation diagrams can be plotted.

The correlation method as discussed above relies on investigating the identity of the signal shapes, hence—if the initial conditions are adequate—permits the recognition and correlation of both longitudinal and transversal wave packages.

Direct wave packages can be marked off in a similar manner, thus propagation velocity in the borehole fluid can directly be determined, too—to be used for calculating acoustic porosity.

Determination of the velocity and attenuation of the longitudinal and transversal waves enables us to calculate rock parameters, up till now estimated only by other methods. The strength and elasticity constants thus computed are the most important parameters reflecting the stress conditions of rocks. The greatest importance is attributed to the study of stress conditions related directly to safety in mines, but stress and saturation conditions in productive beds play an important role also in water and petroleum production. In addition to propagation velocities of longitudinal and transversal waves the value of bulk density from gamma—gamma logs is also required for the calculations, thus—on the basis of formulae well known from the literature—the following stability parameters of rocks can be calculated: Poisson's ratio, Young's modulus, incompressibility modulus (bulk elasticity), and shear modulus.

If velocity values furnished by correlation analysis are substituted in well known relationships of these constants, then the resulting rock strength diagrams can be used to interpret individual beds. A further possibility is to analyse energy conditions of acoustic wave packages; results are furnished which can be used in plotting the attenuation diagram, as well as results representing the energy ratios of longitudinal and transversal waves in the form of diagrams. These latter diagrams are needed mainly to interpret experimental measurements in oil exploratory wells and mark off contacts between beds saturated with various fluids.

2.3.6 Laboratory analysis of raw materials for cement production*

A cooperation project between ELGI, the Hejőcsaba Cement Plant and the Vác Cement and Limestone Plant requires the research and development of the methodology of instrumental analytical investigations of raw materials for cement production with an accuracy meeting industrial demands. Such a methodology was successfully devised in 1980 and equipment for industrial express analysis (type MTA—1527—2000) suited to solve the above task was designed and produced.

To control the process of cement production, accurate knowledge of the SiO_2 , Al_2O_3 , CaO and Fe_2O_3 components of the argillaceous raw minerals is necessary. In contrast to our instruments designed so far for bauxite mining and alumina processing a new instrument had to be developed for working conditions substantially different from the conditions in which traditional apparatus normally operates.

For comparison, typical concentration ranges of bauxites and raw materials of the cement industry for the above mentioned four components are given in the following table

Components	Bauxites	Clays
Al_2O_3	45—55%	12—23%
SiO_2	4—13%	52—75%
CaO	0.4— 3%	0.4—3%
Fe_2O_3	18—25%	3—7%

The components SiO_2 and Al_2O_3 continue to be determined by the method of neutron activation analysis (NAA). A new type activation unit has been designed and elaborated in which the field of thermal neutrons was increased to an extent permitting one to measure relatively small quantities of Al_2O_3 with industrial accuracy. Modifications were introduced in the units serving to determine CaO and Fe_2O_3 by the XRF method. The determination of CaO was solved by using a preset pulse. With the aid of the preset channel the absorption effect due to different materials of samples was eliminated. For the determination of Fe_2O_3 a new solution was introduced, agreeing in respect of electronics with previous constructions but representing a novelty in measuring techniques. Due to the characteristic higher energy radiation the effect of rock matrix is of reduced significance, thus it seemed necessary to realize a preset time.

The MTA—1527—2000 apparatus intended for the analysis of materials is shown in Fig. 82. Figure 83 shows a block diagram of the apparatus; Fig. 84 shows the operation of the automatic or hand-controlled pneumatic transport system.

* Renner J., Siklós A.

3 EARTH PHYSICS RESEARCH

The total value F and components D, H, Z of the *geomagnetic field* were continuously recorded by systems discussed in the 1979 Annual Report.

For information, it is mentioned here that the average of the most frequently used magnetic parameter, declination, for 1980 according to measurements in the Tihany Geophysical Observatory was:

$$\overline{D}_{1980} = 1^{\circ} 12'$$

The coordinates of Tihany Geophysical Observatory are:

$$\varphi = 46^{\circ} 54.0' N$$

$$\lambda = 17^{\circ} 53.6' E$$

$$h = 187 \text{ m}$$

Comparative measurements in the observatories of the adjacent countries were also carried out in this year.

A survey on the national magnetic base network, i.e. determination of F, D and H on the base points, was continued.

Within the scope of *ionosphere—magnetosphere investigation* the registration of whistlers continued throughout the year with the apparatus set up at Tihany Observatory. Statistical processing of the measured data was performed, electron density profiles were calculated. Our obligation to supply information in connection with these investigations was fulfilled.

An interesting phenomenon was found when comparing pearl-type pulsations observed at the Nagycenk Observatory of GGRI of the Hungarian Academy of Sciences with whistler records of Tihany Observatory. The frequencies of their occurrences show a very good correlation for many years retrospectively and recently the frequency of both of them reached an extraordinarily low level. On this basis it can be assumed that the occurrence contains a periodicity coinciding with sun spot cycles.

The decreasing number of whistlers and their poorer quality compared with previous observations justified the elaboration of other methods of recording

* Csapó G., Hegymegi L., Lomniczi T., Márton E., Pollhammer M., Sárhidai A., Szabó Z., Tóth P., Varga P.

and processing. In cooperation with the Department of Microwave Telecommunication of the Technical University of Budapest the projects of a microprocessor based digital whistler receiver and preliminary processing equipment were compiled and their applicability was affirmed by model experiments.

To promote automation of processing the creation of a data bank commenced, this is due to contain all observation materials obtained so far.

Within the scope of *earth tide observations*, a La Coste—Romberg type recording gravimeter of the Darmstadt Technical High School, FRG. was set up at Tihany; it is intended that this be used for conducting an observation series lasting 2—3 years. In the first half of the year earth tide observations were carried out with an Askania gravimeter at Penc in the Observatory of Cosmic Geodesy, then in the second half of the year in the framework of cooperation between Austria and Hungary observations commenced at the Observatory of Graz Technical University.

We were commissioned by the Petroleum and Gas Production Enterprise (Nagykanizsa) to endeavour to *determine the porosity of reservoirs using the data of pressure registrations* made in observation wells. As known, earth tides cause deformations in the crust (and together with it, of course, of reservoir rocks). Due to the deformation the pore volume and the porosity of the reservoir changes and fluid is pressed into the borehole resulting in pressure variations. The following expression can be given to describe the relation between pressure change (P) and porosity (Φ) stemming from the work of Robinson and Bell:

$$\Phi = \left[\frac{(2h - 6l) \cdot A \cdot E_F \cdot E_R}{P} - E_F \right] \cdot \frac{1}{E_R - E_F} \quad (7)$$

where

h and l are Love numbers describing the behaviour of an elastic Earth,

A is a theoretical dilatation amplitude holding for a rigid, inelastic Earth; it can be calculated with high accuracy on the basis of astronomical data for each semi-diurnal and diurnal tidal wave;

E_F and E_R are compression moduli of the fluid and the rock matrix, respectively.

Porosity investigations to be performed using this formula tend to be made difficult by E_R almost never being known. On the basis of various investigations of the physical properties of rocks a value of $(2.0-2.5) \cdot 10^{11} \frac{\text{din}}{\text{cm}^2}$ was accepted by us.

From an earlier investigation, however, it is known that the error introduced by uncertainty in the determination of the compression modulus of rock matrix is not great. Formula (7) furnishes the value of the so called effective porosity, since it gives information about the mobile fluid content.

An important question is that concerning the magnitude of the area around the borehole for which the obtained porosity values are characteristic. According to the concept of dilatation

$$\Delta = \frac{\Delta T}{T} \quad (8)$$

where ΔT is the dilated fluid volume and T the volume of fluid involved in dilatational movement. The value of Δ can be determined with the help of theoretical calculations:

$$\Delta = 0.48 A$$

The dilated fluid volume amounts to 150–200 cm³ for individual elementary tidal waves according to our calculations. If porosity is assumed to be 10% then, according to formula (8), an area with a diameter of the order of 10 m around the borehole is involved in dilatation called forth by lunisolar effect.

Attempts were made to reveal the lunisolar effect on the basis of a pressure variation observation series performed so far on about 15 wells, i.e. to determine porosity with its help. *Figure 85* presents the spectrum of observed pressure changes in well No. 301 at Nagylengyel, the spectra of air pressure and temperature. Spectra of pressure variations measured in boreholes were determined from a two-week observation series. The existence of lunisolar effect is indicated by the proportion of semi-diurnal (30°/h) and diurnal (15°/h) waves being in agreement with that in the theoretical tide. Our experiences suggest that observation results are strongly distorted by meteorological influences—primarily by temperature changes. It is rather difficult to exclude meteorological effects since they appear mainly at tide frequencies or in their close environment thus they cannot be eliminated by mathematical filtration. Because of this, the statistical relation between our pressure observations and meteorological spectra was searched for at parts located at corresponding distances from the lunisolar frequency range with the aid of regression analysis. Equations obtained in this manner were used in the lunisolar frequency range to correct pressure values prior to their analysis, if there was a correlational relationship between meteorological and pressure change spectra at tidal frequencies. The spectrum shown in *Fig. 85* for well No. 301 at Nagylengyel does not show a close link with meteorological effects (correlation coefficients are between 0.2 and 0.45), thus formula (7) gives porosity values of 15% and 20% on the basis of amplitudes 0.12 kPa and 0.09 kPa respectively for diurnal and semi-diurnal waves determined for this well from pressure variation spectrum.

Since the applied model is idealized and does not follow peculiarities of the given actual case, porosity values as determined by us are to be considered, for the time being, as proportion factors only and not as porosity values in their absolute meaning. It deserves attention, however, that “porosity” values obtained for four wells in the Nagylengyel field are practically in agreement.

Within the scope of *geodetical gravimetry* the absolute g values were determined at three points in 1980 in the first stage of realizing the "Uniform Gravimetric Network" project over the territory of the socialist countries. The measurements were performed by a portable laser gravimeter working on the principle of free fall; this instrument was designed and built in the Soviet Union. The absolute points are located at Budapest (Cave at Mátyás-hegy), Szerencs and Kőszeg, thus together with the point established at Siklós in 1978, Hungary has 4 absolute points (Fig. 86).

By using the absolute g measurement as well as measurement results over the 1st order gravity network we have determined the correction to the initial value of the Potsdam gravity system (Table IV). The correction value calculated by us shows good agreement with corrections developed from laser gravimeter measurements in other countries.

Table IV.

Point of measurement	Correction	Deviation
	[mGal]	
Siklós	-13.999	± 0.041
Budapest	-13.954	± 0.039
Szerencs	-13.922	± 0.043
Kőszeg	-13.961	± 0.040
Mean	-13.959	± 0.041

In the scope of up-dating gravity networks re-measurement of the IInd order gravity network commenced and the observations of 180 ties were completed.

Processing of gravimetric data obtained in international cooperation over the polygon at Vidin (Bulgaria) for the purpose of studying the effect of water table fluctuations in 1979, as well as over the Carpathian-Balkan polygon in 1978—79 has been completed.

Paleomagnetic investigation on the geological base section of Mogyorósdomb at Sümeg

In 1980 the investigation of the upper Kimmeridgian—lower Berriasian interval of the section was completed (158 samples over 140 m length). At the first run the sampling space was 1—1.5 m, later on the spacing was densified in order to have at least 2 samples for each magnetic zone.

The samples were cleared by heat treatment. The intensity of magnetization, particularly after demagnetization, often hardly exceeded the noise level of

the JR—4 magnetometer, thus repeated measurements were made to enhance useful signals. The magnetization proved to be of several components, so to completely eliminate secondary components temperatures up to 500—545 °C were needed (*Fig. 87*). In certain instances, however, the intensity of natural magnetization (NRM) over 300 and 400 °C decreased below the noise level of the magnetometer, thus we were compelled to use cleared samples at temperatures under 500 °C to determine polarity. Of course, these directions are less reliable than the rest (*Fig. 88*).

From NRM directions measured after heat treatment we have calculated the position of virtual geomagnetic poles, then the position of the paleo-pole as their mean direction.

To illustrate polarity zones the "VGP latitude" method is used which became widely used in recent years. The method includes essentially the calculation of a mean pole position from virtual geomagnetic poles. The mean pole determined in this way is rotated to the geographic north pole and the virtual poles are rotated together with it around the same centre of rotation by the same angle. The coordinate of latitude of virtual poles after rotation characterizes unambiguously the latitude of individual VGP's as related to former north and south pole, i.e. the normal or inverse character of the sample magnetization. Since the method takes into account not only the sign of inclination, but also declination when determining polarity, it results in a more reliable magnetostratigraphical scale than a zone division based on the determination of inclination only.

The change of VGP latitude with distance shows a multiple polarity change of the magnetic field on the base section at Sümeg. [In addition to VGP latitude the change of NRM intensity in natural condition (I_{n_0}) and in the demagnetization step used for polarity determination (I_{n_c}) are also shown in *Fig. 88*.]

The magnetostratigraphical scale is, however, a polarity zoning related to time. Calibration of the bed-thickness scale at Sümeg for geological times was performed on the basis of *Calpionella* determinations by Mrs. Edit Tardi Filacz. The samples are listed according to their position in the section (personal communication).

Sample No.	Geological age	Absolute age
2796	Kimmeridgian	142±1 m. years
2799	Kimmeridgian-Tithonian boundary	140±1 m. years
2801	Kimmeridgian	141.5±1 m. years
2671	Upper Tithonian	137±1 m. years
2677	Upper Tithonian	136±1—2 m. years
2689	Upper Tithonian	136±1 m. years
2826	Base of Berriasian	134—135±2 m. years

Absolute age was estimated by referring the Calpionella zones to the geological time scale published by Van Hinte (1976). It can be seen from the above list that the age values in this form cannot be used for calibrating the polarity scale. Thus the age data were plotted against distances measured from the reference point of the field profile (console of a power transmission line at the beginning of the profile) together with the uncertainty of determination (*Fig. 89*). For a uniform sedimentation rate the points could have been approximated by a single straight line. But in the investigated part of the base section at Sümeg the sedimentation rate was not constant. According to the available paleontological data the sedimentation rate (assuming even pace for the compaction) changed at approximately 70 m. The age values of zone boundaries appearing in the section at Sümeg were derived from this velocity diagram.

In *Fig. 90* a comparison is made between the magnetostratigraphical scale at Sümeg and scales derived from oceanic magnetic anomalies (white: reverse zone; black: normal zone; question mark: lack of samples; absolute age in years: revised London time scale; M—17: numerated Mesozoic reverse zones). To our knowledge no investigation of continental materials of similar ages has yet been published.

Column 1 contains the assembly of Van Hinte (1976), Column 2 the polarity zones at Sümeg, Column 3 the corrected scale of Larson and Hilde (1976). Column 4 will be discussed later.

Columns 1 and 3 contain few times with identical polarity and the durations of zones also differ. The situation would be somewhat improved by paralleling, for example, the M—17's of the reverse zones numbered by the authors. Then, however, an uncertainty of several millions of years ought to be assumed for one or both of them. A fundamental difference between the polarity scale of Sümeg (Column 2) and Van Hinte's scale (Column 1) can also be established, whereas the zone configuration of the former and Column 3 are similar in several respects. The most important agreement is—similarly to the zone M—17+ + M—16 (Column 3)—a very long reverse period in Column 2 (between 136.5 and 138.7 million years), with two normal events of short duration. A normal zone younger than M—16 appears with frequent polarity changes in the Sümeg section. The appearance of frequent reversals in a continental section means that resolution is better here. The picture under M—17 in Column 3 is very similar to that under the longest reverse zone is Column 2.

Relying on the above observations attempts were made to correlate Columns 2 and 3. Paralleling the upper boundary of M—16 to the upper boundary of the long reverse zone at Sümeg and maintaining the bottom of the section at its original location the older part of the section is elongated by 1.23 times. This means that sedimentation is assumed to be slower than concluded from paleontological data. The results is shown in Column 4. The zones in Columns 3 and 4 show a very good correlation, if it is taken into consideration that the calibra-

tion of both scales is based on certain assumptions (e.g. sedimentation, and disjunction of the ocean bottom proceeds uniformly at least for individual sections). It should be observed, however, that the distinguishing between M—16 and M—17 in the Sümeg section is unjustified, because the long reverse period in the continental section is interrupted by two momentarily normal events only.

Sedimentation rate as determined by the paleomagnetic method over the first 70 m long part of the section calculated from the reference point, i.e. in the upper Jurassic, is 8.7 m/million years.

The part younger than 135.2 millions of years of the section rearranged on the basis of magnetostratigraphical correlation represents a short period, if the upper age limit inferred from the investigation of Calpionellae is accepted. This would mean that the sedimentation rate increased significantly in the lower Cretaceous (43 m/million years) and the field reversals became very frequent (in Column 2, there are 38 zones during 3.5 million years, in Column 4, 38 zones during 2.2 million years). The upper age limit as determined by paleontology may be shifted, however, as the result of paleomagnetic investigations over subsequent parts of the section.

From investigations of the Sümeg section performed so far it seems justifiable to draw the boundary between Jurassic and Cretaceous at 135.2 million years on the time scale presented in *Fig. 89* on the basis of magnetostratigraphy, where the most characteristic long-lasting reverse zone is followed by frequent field reversals.

Operations abroad*International Geological Expedition in Mongolia**

Within the framework of the International Geophysical Expedition in Mongolia our survey operations were continued by engaging a Geological Mapping Team (sub-contracted by the Hungarian Geological Survey) and a Complex Geophysical Team.

The geophysical tasks were related to geological mapping. Detailed geophysical exploration by integrate methods was conducted on several occurrences of fluoritic, sulphidic and polymetallic ores and rare metals in order to obtain precise knowledge of geological structure and to determine the extent of mineralization. Good results were furnished by the analysis of IP decay curves and by the investigation of dynamic parameters permitting conclusions to be made on textures of mineralization. In addition to surface geophysical methods geophysical logs were also run in exploratory wells.

A regional survey as well as geological mapping in scales of 1:50,000 and 1:10,000 and related geophysical activities in the N. Kerulen district were completed in 1980. A detailed exploration of ore occurrences revealed in this area will continue.

*Seismic Prospecting in Greece***

Through the good offices of NIKEX, Hungarian Foreign Trading Company for Products of Heavy Industry, ELGI signed a contract with the Public Petroleum Corporation of Greece (DEP) with a view to conducting a seismic reflection survey. The survey was carried out in an area of approximately 1800 km² encircled by the towns Thessaloniki, Yiannitsa, Veroia and Katerini in northern Greece. The area covers the Thessaloniki basin located at the southern end

* Zsille A.

** Kónya A.

of the Vardar belt with Paleozoic and Mesozoic rocks cropping out along its margins. The depth of the basin exceeds 4000 metres.

The measurements were performed along lines marked out by DEP at the outset with a DFS—IV, then with a DFS—V seismic instrument.

The total output amounted to 446 km of seismic profiles with 1200% coverage using a geophone spacing of 50 metres. The bulk of lines ran in a plane area with heights from 5 to 20 metres above sea level. On the basis of experimental measurements 30 m deep holes were utilized for shots.

The expedition offered an opportunity to conduct a trial of our R—10 type mobile seismic pre-processing centre under formerly unknown conditions (for details refer to Annual Report 1978). This centre, which is mounted on a truck, endured well the long journey and climatic conditions differing substantially from those of Hungary.

*Prospecting for water in Libya**

NIKEX and OVIBER established a joint drilling enterprise in Libya under the name NIKEX—OVIBER DRILLING COMPANY. This company won a tender inviting bids for 30 irrigation wells on the Jefara plain, approximately 80 km S—SW of Tripoli in the Wadi-Abu-Shaybah district. According to drilling performed in adjacent areas and first of all to earlier French geophysical results, the water-bearing complex is fissured, karstified limestone of Triassic age lying at depths 100—300 m below the surface. This reservoir limestone possesses porosity and hydrodynamic properties changing rapidly both vertically and horizontally, thus the customer defined VES measurements with $AB_{\max} = 3000\text{—}4000$ metres at the sites of planned wells and between them aimed at inferring on the thickness and the extent of fissures of the target complex. Operations and processing of survey results were performed by ELGI under a sub-contract. A preliminary report on survey results was issued 2 weeks after field operations were concluded. In this preliminary report 4 fundamental types were distinguished within an area of some 60—80 km² according to top and bottom depth and resistivity of the target complex. One borehole is to be sunk over each type, and a final report will be compiled with the knowledge of their geological, hydrogeological data and geophysical logs run in these holes.

Logging operations in these wells will also be performed by ELGI using a home-produced K—600 logger.

* * *

* Draskovits P., Nemesi L.

The present stock of our *Library* amounts to 22 515 volumes of books and periodicals, as well as 25 776 miscellaneous items.

In 1980, our stock was increased by 652 books, 460 volumes (2107 items) of periodicals, 810 documentary publications, 180 folders on instruments. (The total stock of the Library decreased compared with 1979 due to planned stock reduction: the collection of periodicals by 545 volumes, other documentary publications by 6035 items.)

Our collection of periodicals was enlarged by 14 new titles. As a result of international exchange of publications the Library received 756 new publications and dispatched 2204 publications to 552 addresses in 58 countries.

Our Library services were offered in the past year to 5623 readers/borrowers.

* * *

In 1980 ELGI issued the following publications:

1. Annual Report of the Hungarian Geophysical Institute "Loránd Eötvös" for 1979
2. Geophysical Transactions, Vol. 26
3. Annual Report 1978 (Geophysical Observatory, Tihany)
4. Bulletin of KAPG Working Group 3.3 (Study of Earth Tides) No. 3.

**ГODOVOЙ ОТЧЕТ ВЕНГЕРСКОГО
ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ИМ. ЛОРАНДА
ЭТВЕША ЗА 1980. Г.**

1 ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ

План полевых работ, проведенных ЭЛГИ в 1980 г. представлен на *рис. 1*.

Геофизические работы в районе *Задунайского среднегорья* продолжались в соответствии с указаниями Геологического управления. Планы работы были согласованы с планами Геологического института и организаций угольной промышленности. Поиски бокситовых месторождений осуществлялись под руководством Венгерского треста алюминиевой промышленности по поручению Предприятия поисков боксита.

Основные результаты разведочных работ, проведенных за последние 5 лет, сводятся к следующему:

- оконтуривание угольного поля района Мань-восток — Жамбек с запасом 80 миллионов тонн угля;
- выявление 8 небольших угольных полей и бокситовых тел в районах Херег, Байна, Тюкрэш;
- выявление 58 бокситовых линз в районе Ихаркут и Баконьослоп.

Этапы разведочных работ хорошо вкладываются в систему геологической разведки: с региональными исследованиями масштаба 1 : 25 000 связаны работы по составлению детальных карт аномалий Буге и различных вариантов профильтрованных карт. На втором этапе проводятся электро- и сейсморазведочные работы. Скважины, пробуренные после первого этапа разведки, применяются также в качестве параметрических скважин. После второго этапа следует бурение стратиграфических и структурных скважин. Данные бурения могут уточнять геофизическую интерпретацию, и так можно подготовить район под детальную съемку масштаба 1 : 10 000.

Результаты первого этапа региональной съемки угленосного района Шюмег представлены на *рис. 2*. По карте аномалий Буге оконтурен участок, в пределах которого триасовое основание залегает на глубинах до 500 м (жирная линия), где разработка угольных пластов еще рентабельна. По карте аномалий поля силы тяжести был запланирован второй этап разведочных работ, начинающийся в 1981 г.

В районе Мадьярполань предварительной съемке были подвергнуты приподнятый блок и его непосредственная окрестность. Карта остаточных аномалий поля силы тяжести, представленная на *рис. 3/а* отображает положение этого приподнятого блока. Эти результаты, совместно с результатами сейсмической съемки МОВ, проведенной на втором этапе разведочных работ, показали, что площадь приподнятого блока значительно меньше, чем это предполагалось раньше (вместо 19 км² всего лишь 9,5 км²). В то же время сейсмические временные разрезы обратили внимание на сравнительно спокойное залегание угленосной толщи, вскрытой скважиной МР—42 в западном направлении (*рис. 3/б*). Так, к западу, юго-западу угленосную толщу можно вскрыть на глубине несколько превышающей — 500 м.

Региональная съемка района Колонтар-II также связана с поисками угля и на передний план она была выдвинута после получения отрицательных результатов в районе Мадьярполань. Для подготовки района под разведочное бурение были проведены гравиметрические и сейсморазведочные работы МОВ. На карте вторичных аномалий поля силы тяжести (*рис. 4*) отражается сложное строение района: ряд пересекающих друг друга систем сбросов разбивает основание на блоки различной глубины.

Рекогносцировочные и детальные поиски угольных и бокситовых месторождений проводились в юговосточном передовом прогибе гор Герече. Район работ показан на *рис. 5*. В процессе рекогносцировочной съемки было обнаружено, что горизонтальное распространение угольного пласта сильно ограничен, причем „залив“ Эпёл оказался непродуктивным (*рис. 5/а*). В бассейне Тарьян и Мань-Жамбек, где по рекогносцировочной съемке можно было судить о наличии сплошных промышленных залежей угля, применялись методы более высокого разрешения: сейсмический метод отраженных волн, электроразведочный метод просвечивания межскважинного пространства и многочастотное электрическое зондирование (последний описан в разделе 2.2). В разрезе DD', вертикальный масштаб которого в четыре раза, а горизонтальный — в двадцать раз увеличен по сравнению с разрезом СС', наглядно отражается увеличение разрешающей способности.

Для разработки методики детальной разведки на боксит в районе развития покрова эоценовых известняков, в 1979—1980 гг. была выполнена программа опытных работ. При этом были сделаны следующие заключения:

- для устранения возмущающего эффекта покровной толщи с резко изменяющимся составом, необходимо увеличить долю методов высокого разрешения, как многочастотного электромагнитного зондирования, сейсмической съемки с многократным перекрытием и

метода трехмерной сейсмической съемки в общем комплексе применяющихся методов;

- для повышения эффективности разведочных работ, в Систему машинного управления разведкой (см. Годовой отчет за 1979 г.) необходимо включить результаты анализа бокситов.

В районе работ, представленном на *рис. 6*, детальной геофизической съемкой была охвачена площадь ок. 5 км² (отмеченная желтым цветом). Кроме этого геофизическая съемка масштабов 1 : 25 000 и 1 : 10 000 была проведена на площади ок. 30 км² (выделенные перспективные участки отмечены). На *рис. 7* показан ход разведочных работ, проведенных на участке, отмеченном на *рис. 6* буквой А). На *рис. 7/а* представлена исходная геологическая информация: триасовые и эоценовые обнажения, а также две ранее пробуренные непродуктивные скважины, (А и В), вскрывшие доломитовое основание на глубинах 16 и 87 м, соответственно. Карта параметра σ_a , построенная по данным метода просвечивания межскважинного пространства (*рис. 7/б*) позволяет судить о наличии в основании четырех самостоятельных прогибов. Пробуренные здесь скважины (С, D, E) вскрыли бокситы. Четвертая предложенная скважина (F) еще не пробурена. По результатам карты параметра σ_a и данным бурения можно проектировать детальные буровые работы. Направо от сброса, где по карте метода просвечивания не выделяется прогиб, разведочные работы целесообразно продолжать по густой сети электромагнитных наблюдений.

На *рис. 8* показаны результаты детальной съемки участка, отмеченного буквой В на *рис. 6*, где ко времени начала работ были известны 3 бокситовых линзы (*рис. 8/а*). При этом задачей было определение наличия дополнительных бокситовых тел и зависимости между известными линзами. Для решения этой задачи проводились работы по методу просвечивания, с использованием удаленной скважины, а также по методу многочастотного электромагнитного зондирования. По карте параметра σ_a (*рис. 8/б*) и по карте фазовых разностей $\Delta\varphi$ (*рис. 8/с*) выделяется несколько хорошо проводящих зон. Результаты геофизической разведки в сводном виде представлены на *рис. 8/д*, на котором указаны и места, предложенные для заложения скважин. Скважина А вскрыла боксит, а скважины В и С подтвердили наличие прогиба, но не содержащего боксит. *Рис. 8/е* отображает характерный геологический разрез, а *рис. 8/ф* — комплексную интерпретацию результатов с указанием мест, предлагаемых для заложения скважин.

Новой отраслью бокситоразведочных работ является горная геофизика. В 1980 г. была начата серия экспериментальных работ в работающих рудниках для выделения границ бокситовых тел, залегающих в глубоких

воронках. При этом наиболее эффективными оказались методы электрической проводимости (комплекс метода потенциального картирования и метода просвечивания), метод трехэлектродного (AMN) профилирования и сейсмический метод преломленных волн. На *рис. 9/а* представлена схема интерпретации горизонта +339 м, где отмечены участки развития залежи боксита мощность более 6 м, и перекрытые выступы доломитов. Горными работами было подтверждено наличие этих выступов, имеющих почти вертикальные (иногда даже переклоняющиеся) стены. Фотоснимок (*рис. 9/б*) отображает одну сторону бокситовой линзы с горизонтами доломитов А и В и с меньшим (С) и большим (D) „кутками“, заполненными бокситом. В переднем плане намечается уже доломитовый блок (F), представляющий собой юго-западную границу бокситового тела. После разработки первого выемочного слоя, положение доломитового выступа на горизонте +331 м было определено геологической службой горной промышленности в виде, представленном на *рис. 9/с*. Что касается направлений дальнейшего усовершенствования методики, целесообразным представляется включить в комплекс применяемых методов электромагнитные методы и сейсмический метод отраженных волн для мелких глубин.

Перед продолжением региональной съемки района гор Веленце была поставлена двойная задача: исследование структур и поиски рудных месторождений. План геофизических работ приведен на *рис. 10*. В процессе этих работ изучалась связь геомагнитных аномалий с аномалиями поля силы тяжести. На карте остаточных магнитных аномалий ΔZ_m (*рис. 11*) выделяются протяженные зоны аномалий, появляющиеся и на карте аномалий поля силы тяжести. Предполагается, что они связаны с структурными линиями. На карте аналитического продолжения поля силы тяжести в нижнее полупространство (*рис. 12*) в районе Пазманд выделяется аномалия круговой формы диаметром ок. 6 км в центре с несколько асимметричным минимумом. С юга эта аномалия ограничивается блоком сильно разложенных метасоматитов. По аномальной картине можно судить о наличии здесь несколько наклоненного вулканического комплекса. Кроме этого прослеживается ряд других аномалий круговой формы. Карта остаточных аномалий поля силы тяжести, полученная в результате аналитического продолжения поля вниз и фильтрации (*рис. 13*), в общих чертах хорошо согласуется с указанной выше картой, но на ней более выражено выделяется распределение аномалий восточнее и юго-восточнее населенного пункта Динньеш.

Связь между аномалиями поля силы тяжести и магнитного поля неоднозначна; горные породы повышенной восприимчивости могут иметь более или менее высокие значения плотности по сравнению с окружающими их породами, вызывая тем самым локальные гравитационные ано-

малии (максимумы или минимумы). В первом случае предполагается, что возмущающие магнитные поля отличаются меньшими величинами плотности, в связи с чем остаточные магнитные аномалии были смещены несколько севернее с таким расчетом, чтобы они совпали с гравитационными минимумами. Это иллюстрируется рисунком 12. Интересно отметить, что направление и степень смещений (отмеченных на рис. черточками) оказываются довольно единообразными в пределах заданных участков.

Если аномалии геомагнитного поля связываются с горными породами более высокой плотности, магнитные и гравитационные максимумы должны совпадать. Для иллюстрации приводится рис. 13. В этом случае корреляция получается более удовлетворительной, хотя степень смещения больше.

По обеим картам бросается в глаза, что максимумы ΔZ_m пришлось сместить в более значительной мере, нежели это обосновано за счет индуцированного намагничивания и глубин возмущающих тел (не превышающих 1000—1500 м). Это объясняется либо более значительной глубиной залегания возмущающих тел, либо эффектом интенсивного остаточного намагничивания.

Из разрезов сейсмических профилей, проведенных для оконтуривания вулканического центра, здесь приводятся разрезы глубин, построенных с миграцией по профилям Go—10 и Go—13 (рис. 14 и 15). Частота, интенсивность и коррелируемость полученных отражений позволяют судить о глубинном строении района и выделять блоки различного строения даже в геологически мало изученных районах.

В рамках программы прямых поисков рудных месторождений продолжались детальные работы по методу ВП, начатые в 1979 г. Применявшаяся при этом длина питающей линии, равная 1600 м, позволила достигать глубинности исследований 400 м. На карте аномалий кажущейся поляризуемости (P_a) (рис. 16) преобладают два структурных направления: субмеридиональное, соответствующее границе толщи сланцев с гранитными обнажениями, и широтное простираение, связывающие обнажения метасоматитов.

Кроме выявления аномалий начата их классификация (см. раздел 2.2).

В 1980 г. была начата *региональная геофизическая съемка гор Матра*. Рудные проявления, наблюдаемые по крупной площади, а также гидротермальные изменения горных пород позволяют судить о наличии в районе гор Матра приповерхностных вкрапленных сульфидных оруденений, выявляемых методом ВП, а также субвулканических тел подобного минералогического состава. Сначала, с использованием гравиметрического метода и сейсмического метода отраженных волн изучались строение и положение участка с приподнятым положением основания, выявленного

горными скважинами Дьэндэшороси и методом КМПВ (рис. 17). Разрезы трех вибросейсмических профилей, проведенных в 1980 г. и раскрашенных по амплитудам, представлены на рис. 18, 19 и 20. Сводная схема результатов приведена на плане местности (рис. 17).

Выступ, выделяющийся по глубинному разрезу Ма—1 (объект „А“), совпадает с самой крупной аномалией ВП, в связи с чем рекомендовано проведение здесь детальной рудопоисковой съемки и бурение структурных скважин. Полученные до сих пор результаты структурной съемки позволяют судить о том, что линия, связывающая участки А—В—С, представляет собой простираание основного поднятия, но центры основных извержений приходятся на участки А и D.

Поиски приповерхностных месторождений вкрапленных оруденений были начаты проведением наблюдений по методу ВП по сети 400 × 50 м. Из схематической карты аномалий ВП (рис. 21) можно видеть, что выступ, выявленный сейсморазведкой, совпадает с крупной по площади аномалией ВП, не ограниченной с севера. Металлометрическими исследованиями здесь также получены аномалии.

Региональное изучение тектонического строения Задунайской области продолжалось путем проведения в отчетном году сейсморазведочных (МОВ) и магнитотеллурических работ в районе Малой низменности (рис. 22). Для магнитотеллурики наиболее интересной частью района оказалась окружность скважины Дабронь—1. Результаты представлены на временном разрезе МК—1/79, построенном с миграцией (рис. 23). Под толщей триасово-меловых отложений на глубине ок. 5000 м выделяется слой удельного сопротивления ок. 2 омм. Мощность этого слоя точно не может быть определена по кривым зондирования, записанным на периодах до 100 сек, но приблизительно оценивается равной 2—3 км. Северо-западнее пункта наблюдений № 13 этот хорошо проводящий комплекс выклинивается.

Сейсморазведка продолжалась по профилю в северозападном направлении. При этом основной задачей было изучение комплекса в интервале от глубины залегания основания до поверхности Мохоровичича. Здесь приводятся два отрезка полученного разреза: на рис. 24 обращает на себя внимание выраженный горизонт, поднимающийся в северо-восточном направлении в интервале от 6,0 до 6,6 сек, а на рис. 25 видны интенсивные отражения на временах до 3,0 сек, характерные для района Михайского максимума, которые кончаются в районе нарушенной зоны Раба.

Разрез по непрямолинейному участку профиля MV—1, проведенного в 1979 г. (рис. 26) между пикетами 97⁰⁰—178⁰⁰ был снова обработан по программе „слаломная линия“ ЭВМ типа GEOMAX Предприятия Геофизика Брно (Чехословакия). При сравнении полученного временного разреза (рис. 27) с первоначальным разрезом (см. рис. 22 в Годовом от-

чете за 1979 г.) явно отмечается улучшение качества, в частности в верхнем комплексе осадочных отложений.

Из области водоисковых и инженерно-геофизических работ здесь приводятся результаты по двум темам: опытные работы по применению метода ВП для изучения конуса наносов реки Марош, и методика инженерно-геофизических исследований, направленных на контроль дамб защиты против наводнения.

Теоретической основой использования метода ВП в водоисковых работах служат результаты лабораторных исследований, представленных на *рис. 28*. Путем комплексного определения двух геоэлектрических параметров (кажущегося сопротивления ρ_k и кажущейся поляризуемости η_k) можно получить сведения о характеристиках четвертичных водоносных бассейнов линзообразного залегания. Результаты площадной съемки представлены на *рис. 29* (распределение кажущейся поляризуемости) и на *рис. 30* (карта кажущихся сопротивлений). Интерпретация различных аномалий сопротивления и поляризуемости проводилась с использованием каротажных данных. В обеих параметрических скважинах были проведены измерения ВП по двум вариантам метода и полученные результаты вполне согласуются между собой (*рис. 31*). Сводные результаты приведены на *рис. 32*. На их основании можно интерпретировать карты, построенные для различных интервалов глубин: участки, характеризующиеся высокими значениями сопротивления и низкими значениями поляризуемости, включают в себя больше песчаных пластов с более чистым вещественным составом, чем участки подобных сопротивлений, но более высоких величин поляризуемости. В районах хорошей поляризуемости предполагается частое чередование тонких пластов весьма мелкозернистых песков и глинистых песков.

Использование инженерногеофизических работ для контроля дамб было начато в 1980 г. после того, как произошел разрыв дамбы реки Кеттэш-Кэрэш. Из литературы не известны методики геофизических работ, направленных на защиту дамб. На основании накопленного опыта можно предложить следующий ход работы:

- а) анализ аэроснимков: без значительных материальных расходов можно выделить зоны нарушений, участки различного характера, мертвые рукава; но при этом следует подчеркнуть, что критические участки дамб не обязательно совпадают с мертвыми рукавами, с одной стороны, и не все мертвые рукава прослеживаются в существующей морфологии — с другой стороны;
- б) профилирование методом сопротивлений: эти работы служат основой для проектирования детальных точечных исследований (инженерно-геофизического зондирования и механического бурения);

- в) инженерно-геофизическое зондирование для записи четырех параметров: механического сопротивления пластов (пиковое и суммарное давление), статистической средней величины активности естественного гамма-излучения и объемного веса в естественном залегании горных пород. В случае необходимости можно измерять и дополнительные параметры. Кроме определения детального геологического строения важной задачей является определение водонепроницаемой толщи и толщи пористых отложений, связанной с рекой;
- г) бурение скважин для изучения механики почвы и лабораторные исследования на последнем этапе работ, только в области критических участков дамбы;
- д) дополнительные исследования по желанию заказчика (напр. определение водопропускания).

На *рис. 33* представлены результаты электрического профилирования по методу сопротивления, проведенного по защищаемой стороне дамбы на 4—5 м от последней, инженерно-геофизического зондирования, а также полученный в конечном итоге геологический разрез. Инженерно-геофизическое зондирование № 3 было проведено над зоной высоких сопротивлений, выделяющейся по данным электрического профилирования и при этом был обнаружен мертвый рукав, который не прослеживается в существующей морфологии.

Для изучения *структурных элементов гор Мечек* в 1980 г. продолжались работы по оконтуриванию района развития ниже-лейасовых угленосных пластов (*рис. 34*). Профильная магнитная съемка ΔT и сейсморазведочные работы МОВ были направлены на подготовку района для геологической разведки. Распределение вулканитов на поверхности и подсчитанные магнитные возмущающие тела хорошо согласуются между собой (*рис. 35*), что обосновывает использование геомагнитных данных для геологического картирования. Результаты сейсморазведочных работ приведены на *рис. 36 и 37*. На временных разрезах основание юрских отложений, представленное триасовыми или более древними отложениями, выделяется как опорный отражающий горизонт (на рисунке он отмечен красным цветом). Сравнительно интенсивные отражения получены также из толщи юрских отложений (они отмечены голубым цветом).

2 ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ И АППАРАТУРЫ

Основные результаты, достигнутые в 1980 г. в области методов и аппаратуры сейсморазведки и вычислительной техники, сводятся к следующему.

1. Разработка методики вибросейсмических наблюдений применительно к району Мечек с сильно расчлененным рельефом;
2. Определение модели пластовых волн для горной сейсмики и машинная обработка данных наблюдений по методу „просвечивания“;
3. Изучение строения земной коры и верхней мантии севернее района Бихаркерестеш, а также в Задунайском среднегорье;
4. Создание основной конфигурации сейсморазведочной аппаратуры типа SD—20;
5. Разработка морской системы сбора и обработки данных и навигации;
6. Проведение экспериментов по методу отраженных волн мелких глубин для поиска бокситовых и угольных залежей на небольших глубинах

1. В 1980 г. проводились **экспериментальные методические работы по вибросейсмическому методу** в экономически весьма значительном районе „лейасовых черных углей“, располагающемся в северной краевой зоне гор Мечек, съемка которого сейсмическим методом представляла собой очень трудную задачу. Поверхность района типа горной области, расчлененная глубокими долинами и крутыми склонами, полностью покрыта лесами; геологическое строение района характеризуется сильными тектоническими нарушениями и крутыми наклонными.

Проведение профилей определялось рельефом и существующими дорогами, в связи с чем применялась техника так назыв. „слаломных“ линий.

При разработке методики наблюдений было учтено наличие в районе сильных тектонических нарушений, т. е. вероятная расчлененность изучаемых горизонтов на блоки ограниченного распространения в горизон-

* Албу И., Бодоки Т., Касаш М., Ковач Б., Пошгаи К., Ранер Г.

тальном направлении. Этот факт потребовал значительного увеличения горизонтального разрешения, что было достигнуто путем подбора коротких расстояний базы сейсмоприемников (10 м).

На *рис. 38* представлен план профилей. Из рисунка видно, что по отдельным линиям размещены установки, ряд вибропунктов и линия приведения разреза. Для иллюстрации результатов наблюдений, на *рис. 39* представлен временной разрез $V_a-1/80$.

По экспериментальным профилям были получены хорошо прослеживаемые отражения, отчетливо отображающие нарушенное, блочное строение, при сравнительно удовлетворительном отношении сигнал/шум. Наблюдения по криволинейным профилям и применение методики обработки данных по „слаломным линиям“, проведенной чехословацким предприятием „Геофизика“ в Брно, привели к значительному повышению качества результатов по сравнению с ранее проведенным работам (см. Годовой отчет ЭЛГИ за 1976 г., раздел 1.7.2).

2. Горная сейсморазведка проводилась — в сотрудничестве с Мечекским углепромышленным предприятием — по двум проблемам. Исследования по первой проблеме были направлены на выяснение особенностей упругих волн, распространяющихся в угольных пластах.

В 70-ых гг. в странах с развитой угольной промышленностью был разработан новый разведочный метод, в основе которого лежит изучение упругих дисперсных ведомых волн. По мере механизации подземной разработки угольных залежей в нашей стране тоже появилась необходимость внедрения этого горного сейсморазведочного метода для изучения тектонического строения. В связи с этим Мечекское предприятие угольной промышленности заключило контракт с Геофизическим институтом ЭЛГИ для изучения дисперсных ведомых, или так назыв. „пластовых“ волн и для разработки методики, основывающейся на использовании этих волн.

На первом этапе работ был проведен анализ методов, изложенных в литературе, в результате чего в заключение было решено использование численного моделирования, не применявшегося до сих пор в связи с пластовыми волнами. Численное моделирование пластовых волн было начато в сотрудничестве с Исследовательским институтом АН ВНР по вычислительной технике и автоматизации.

Задача заключалась в решении векторного уравнения вида

$$\rho \frac{\partial^2 \vec{s}}{\partial t^2} = \mu \Delta \vec{s} + (\lambda + \mu) \text{grad div } \vec{s}$$

относящегося к упругим волнам при граничных условиях, соответствующих ненарушенному и тектонически нарушенному пласту (причем ρ —

плотность, \bar{s} — вектор смещения частицы, t — время, λ и μ — коэффициенты упругости Ламе).

При соответствующем подборе системы координат, систему частных дифференциальных уравнений, описывающих составляющие вектора \bar{s} , можно подразделить на две части, а именно, на дифференциальные уравнения, описывающие ведомые волны SH или Лява, и на уравнения, описывающие ведомые волны P—SV или Релея. В результате проведенной до сих пор работы, разработана система программ для обеих составляющих, применительно к ненарушенному пласту, а также к пласту, нарушенному сбросом, располагающимся в любом месте с любым наклоном. Программы численной модели основаны, математически, на методе конечных разностей.

В качестве примера, для иллюстрации модельных вычислений, на *рис. 40* представлен „момент“ модели, разработанной для составляющей SH. На модели показаны фронты волн конструктивной интерференции, наглядно иллюстрирующие теоретически выводимую интерференцию симметрии дисперсных ведомых волн. *Рис. 41* представляет „момент“ составляющей x модели P—SV. В результате правильно подобранной динамики, на рисунке хорошо видны фронты преломленных волн, предшествующих фронту волны P, и преломляющиеся по внешним горным породам, характеризующимся повышенными величинами скорости распространения в них волн.

Вторым важным разделом совместных работ, проводимых в сотрудничестве с Мечекским предприятием угольной промышленности, была разработка машинной обработки данных *метода просвечивания*.

Для безопасности, а также по экономическим причинам очень важно знать условия напряженности, изменяющиеся в процессе разработки шахт (ослабление, перемещение нагрузки и т. д.). Поскольку скорость распространения сейсмических волн зависит, кроме геологических факторов, также от давления, зная изменение поля скоростей между двумя моментами, можно судить об условиях напряжения.

Для обработки результатов наблюдений по методу просвечивания была разработана программа повторений. Сущность ее заключается в следующем. Программой автоматически изменяется исходное поле скоростей до тех пор, пока разность подсчитанных (по геометрической оптике) и наблюдаемых времен первых вступлений становится меньшей погрешности измерений. Определенное таким образом поле скоростей считается истинным распределением скоростей для просвеченного района.

На *рис. 42* приводится пример использования описываемого метода. Между горными выработками проводились наблюдения с разностью по времени равной 9 месяцам. Пунктиром показаны участки, где между тем проводилась разработка. Изолинии представляют относительные раз-

ности полей скоростей, определенных для двух сроков (в %-ах). На рисунке показаны также пределы достоверности результатов вычислений (по краям площади, в связи с применявшейся схемой наблюдений получено очень мало годографов). Изменения поля скоростей хорошо коррелируются с разработкой. Повышенные скорости соответствуют давлению, увеличенному за счет перемещения нагрузки, а пониженные скорости — давлению, уменьшенному за счет ослабления. (Так, ослабление в правом верхнем углу, является следствием подработки в этом участке.)

3. Сейсмическое зондирование земной коры и верхней мантии продолжалось в 1970-ых гг. по четырем методам отраженных волн.

а) Скоростное зондирование методом отраженных волн.

Результаты работ, проведенных в районе г. Карцаг и по профилю KESZ—1 были изложены в Годовом отчете за 1979 г.

б) Наблюдения по методу ОГТ для получения глубинных отражений выполнялись начиная с 1976 г. по профилю KESZ—1, пересекающему мобильную зону молодых осадочных отложений. В годовом отчете за 1978 г. уже было сообщено о параметрах полевых наблюдений и профиля Бихаркерестеш—Хоссупай, а также о методике обработки и о характере временного разреза по южному участку профиля до пикета 196⁰⁰. В настоящем отчете будет описан весь разрез, включая и окончательный северный его отрезок. Целью исследований по данному профилю было выяснение вопроса о том, проявляются ли признаки движения также в более глубоких частях коры и в верхней части мантии.

В верхней части разреза, представленного на *рис. 43 и 44* и построенного с миграцией, с фильтрацией, изменяющейся во времени и с раскраской по величинам амплитуд, указано и основание молодых неогеновых отложений. Видно, что хорошо прослеживаемая поверхность Мохоровичича, выделяющаяся в интервале 8,4—9,2 сек, имеет наклон, противоположный наклону этого основания.

Другая характерная поверхность намечается на временах ок 16 сек. Отраженные волны говорят о спокойном, почти горизонтальном напластовании. По данным скоростного зондирования эту поверхность можно рассматривать как кровлю пласта пониженных скоростей. Приведенные на рисунках разрезы свидетельствуют о наличии глубинных сбросов. Выявленные нами (как возможные варианты) две линии сбросов могут быть связаны с погружением основания и они прослеживаются под поверхностью Мохоровичича вероятно до кровли астеносферы. На это указывает наличие в левой южной части разреза криволинейных границ раздела под поверхностью Мохоровичича. В северной части разреза волно-

вая картина менее нарушена. Исходя из этого можно судить о том, что структура, выделяющаяся на временном разрезе, образовалась на воздействие горизонтального напряжения. Вероятно, что на напряжение кора реагировала более жестко, а верхняя мантия — более пластично, в результате чего создалось радиально-сбросовое строение коры над складчатой верхней мантией, как это видно по левой части временного разреза.

Очень интересно, что наиболее выраженные и отчетливые горизонты временного разреза (поверхность Мохоровичича и горизонт, считающийся кровлей астеносферы) не коррелируются с общей картиной строения. Это можно понимать и так, что обе указанных важных границы раздела имеют особенности, различающиеся от остальных отражающих горизонтов. Но можно и предполагать, что определенное их здесь положение создалось позднее по сравнению с остальными горизонтами и их положение изменяется при изменении основных физико-химических параметров окружающей их среды (тепловой поток, давление, содержание газа).

На временных разрезах, построенных с различными фальсификациями, характер поверхности Мохоровичича в значительной мере различается. На это явление, требующее дополнительного исследования, было обращено внимание уже в Годовом отчете за 1978 г. Одно из возможных объяснений этого явления сводится к следующему. По результатам ранее проведенных в Венгрии и за-границей исследований можно судить о том, что окружность поверхности Мохоровичича имеет ламельное, тонкослоистое строение. Кажется, что ламелиция связана с метаморфизацией поверхности Мохоровичича. Напр., если физико-химические параметры ее окружности изменяются в результате тектонических движений, горные породы теряют свою устойчивость вблизи поверхности. Если учесть и длительный диапазон времени, необходимый для преобразования структуры пород, то в пределах неустойчивых зон образование ламельной или слоистой структуры можно объяснить перераспределением коры. В соответствии с состоянием перераспределения, на больших глубинах могли образоваться пласты, характеризующиеся изменяющимися скоростями (градиентом), которые могут изменяться как в пространстве, так и во времени. При таких условиях изменение картины неустойчивой зоны при различной фильтрации можно понимать как интерференцию отражений, приходящих от ламелл.

в) *Поперечное зондирование по закритическим отражениям.* Возбуждение упругих колебаний и наблюдения осуществляются по двум параллельным линиям, благодаря чему от поверхности Мохоровичича поступают волны, отражающиеся около критического угла.

В районе Задунайского среднегорья, в связи с резко расчлененным рельефом, для изучения земной коры применялся этот метод. Его преимущество заключается в том, что линии наблюдений и пунктов взрыва не

требуется проводить через горы, а их можно разбивать в местностях с более спокойным рельефом. В трех пунктах взрыва (412⁵⁰, 598⁵⁰, 934⁰⁰) были проведены контрольные продольные наблюдения, главным образом для определения скоростей.

Параметры полевых наблюдений:

Расстояние между линиями — 60 км; расстояние между сейсмоприемниками по линии наблюдений — 200 м; величина заряда — 300 кг. Поправки за рельеф и за мощность осадочных отложений, заполняющих триасовый бассейн рассматривались как статические поправки. Были введены и кинематические поправки, связанные с различием в длинах пути волн. После ввода поправок был получен однократный временный разрез, отнесенный к центральную линию.

г) *Изучение глубинных отражений по материалам ОГТ*, полученным при сейсморазведке иного предназначения. Благодаря увеличению времени записи до 10 сек, были зарегистрированы отражения от более глубоких частей коры и от поверхности Мохоровичича.

При этих наблюдениях параметры были подобраны в соответствии с решаемыми задачами. Полученные таким образом результаты были изложены в Годовых отчетах за 1977 и 1978 гг.

С использованием всей совокупности данных, полученных при работах по МОВ и КМПВ была уточнена карта залегания поверхности Мохоровичича Венгрии (*рис. 45*). Для района Задунайского среднегорья по четырем профилям карта содержит больше деталей, чем в других районах Венгрии. Результаты показывают, что наибольшей мощностью кора характеризуется под северо-западными горами Баконь.

4. В 1980 г. была закончена разработка **сейсморазведочной аппаратуры, управляемой микро-ЭВМ**, осуществленная в сотрудничестве с Предприятием „Геофизика“ в Лейпциге, и был создан образец аппаратуры характера прототипа. Блок-схема, представленная на *рис. 46*, отражает концепцию разработки, которая — следуя принципам современного приборостроения — дает возможность комплектации аппаратуры по агрегатной конструкции. Исходная 48-канальная конфигурация аппаратуры работает с интервалами дискретизации 2 и 4 мс при возбуждении упругих колебаний взрывами, но при 24 приемных каналах может применяться и интервал 1 мс.

Суммирующее устройство с делением времени, которое позднее может дополняться полевым коррелятором, позволяет применять аппаратуру для сейсморазведки с диносейсмическими или вибросейсмическими наземными устройствами возбуждения колебаний.

Так называемая система сбора сейсмических данных, состоящая из ана-

логовых усилителей, коммутатора каналов, цифрового регулятора усиления, преобразователя аналог/код и полевого устройства воспроизведения при помощи соответствующего устройства сопряжения, может быть подключена, кроме микро-ЭВМ типа МО51, к мини-ЭВМ ЕС 1010 или ЕС 1011. В этом случае морские сейсморазведочные системы, выпускающиеся в рамках сотрудничества ЭЛГИ с Предприятием ВИДЕОТОН, выполняют сбор данных при одновременной первичной машинной обработке данных. В 1981 г. Геофизическим институтом был создан первый производственный образец аппаратуры сбора данных типа SDA—1 в качестве составной части системы с ЭВМ, построенной на судне. Прототип основной конфигурации аппаратуры типа SD—20 используется в производственном порядке в полевых работах начиная с 1981 г.

5. В рамках соглашения между Государственным комитетом ВНР по техническому развитию и Государственным комитетом СССР по науке и технике в период 1976—1979 гг. была разработана **многопроцессорная система вычислительной техники океанологических исследовательских судов**, на базе ЭВМ ЕС 1010 выпуска ВИДЕОТОН. Эта система предназначена для сбора и обработки данных на бортах исследовательских судов. Комплекс вычислительной аппаратуры должен обеспечивать ввод опытных данных, (первичную) обработку данных (в реальном масштабе времени), хранение, представление данных и управление работой измерительных приборов. Судна конструированы для длительных (5—12 месяцев) экспедиций без захода в порт, в связи с чем достоверность систем (и количество запасных устройств) должны быть повышенными по сравнению с стандартными областями применения.

Комплексная система состоит из трех основных, связанных между собой квази-вибростойких процессоров и их внешних устройств (см. блок-схему на *рис. 47*). Процессор I предназначен для измерения, записи и первичной обработки в реальном масштабе времени геофизических (в частности сейсмических) данных и некоторых гидрофизических характеристик, требующих большого объема обработки (напр. турбулентность). Процессор II выполняет хранение, обработку и представление данных, получаемых от большого количества (сотни) гидрофизических датчиков. Процессор III служит для целей навигации и управляет работой остальных измерительных комплексов.

Первая система с неполной конфигурацией была поставлена нами АН СССР в 1978 г. для целей обучения.

6. В области сейсморазведочных работ МОВ для изучения **мелких глубин** новая возможность открывается за счет применения аппаратуры типа ESS—01—24, разработанной в рамках координационного центра

СЭВ „ИНТЕРГЕОТЕХНИКА“. В 1980 г. опытные работы проводились с использованием этой аппаратуры в ряде районов. Временной разрез, представленный на *рис. 48* был получен в районе работ по поискам боксита (вблизи Чордакут). В процессе наблюдений упругие колебания возбуждались детонаторами (в мелких скважинах помещается по 5 детонаторов). Расстояние между базами и длина групп сейсмоприемников были равными 5 м; применялись вертикальные сейсмоприемники 40 гц. В системе наблюдений применялось трехкратное перекрытие с пунктом взрыва в центре установки; интервал времени выборок — 0,5 мсек. Частота фильтра левого среза — 72, крутизна среза — 24 дб на октаву. Кинематические поправки вычислялись при постоянной скорости 2000 м/сек. В процессе обработки применялась полосно-загружающая фильтрация 100—200 гц.

Результаты опытных работ оказались эффективными. В временном разрезе уже около времени 50 мс выделяются первые коррелируемые отражения (поверхность эоцена отмечена желтовато-коричнивым цветом. От поверхности триаса (отмеченной лиловым цветом) получены интенсивные отражения, что позволяет изучать тектоническое строение подошвы боксита на мелких глубинах.

2.2.1 Разработка методики электромагнитных работ

*Разработка методики многочастотного электромагнитного зондирования с индуктивным возбуждением**

Поиски месторождений твердых полезных ископаемых, в частности боксита, потребовали внедрения в Венгрии геофизического метода, отвечающего следующим требованиям:

- разрешающая способность должна соответствовать критическим размерам бокситовых воронок (ширина 50—250 м, мощность — 10—30 м);
- получение информации о залежи полезных ископаемых, перекрытой экранирующей толщей отложений высокого сопротивления (напр. эоценовых известняков);
- получение достоверных данных из глубин до 300 м;
- продолжительность проектирования и выполнения наблюдений и обработки данных не должна превышать 2—3 недели в соответствии с требованиями заложения скважин;
- метод должен давать дополнительную информацию по сравнению с методом отраженных волн с многократным перекрытием (измерять другой физический параметр, давать возможность самостоятельного определения глубины, характеризоваться другими обстоятельствами, ограничивающими проведение наблюдений, и пониженными расходами и т. п.).

Одновременное выполнение вышеперечисленных требований ожидалось от разработки эффективного электромагнитного метода. Теоретические работы, разработка программ, связанные с поставленными задачами, были начаты в 1976 г., а международное сотрудничество в этой об-

* Фаркаш И., Кардеван П., Резеши Г., Сабадвари Л.

ласти — в 1977 г. Первый этап работ был завершен, в соответствии с планом, в 1980 г.

В процессе решения вышеуказанных задач, в 1977 г. была приобретена многочастотная электромагнитная аппаратура типа SE—77 выпуска фирмы SCINTREX Ltd. О связанных с этим собственных разработках было сообщено в Годовом отчете за 1979 г.

В основе аппаратурной оснащённости многочастотных электромагнитных зондирований лежит аппаратура типа MAXI-PROBE, приобретенная в 1979 г. у фирмы Geoprobe Ltd. В результате совместной работы, проведенной с иностранными исследовательскими институтами и кафедрами венгерских университетов, была решена задача вычисления характеристик электромагнитного поля для горизонтально-слоистой модели строения, при возбуждении поля магнитным диполем. Это позволило анализировать разрешающую способность метода и сопоставлять различные методы обработки данных. Производственная обработка данных многочастотного зондирования осуществляется в соответствии с наставлением, приобретенным от фирмы Geoprobe Ltd. с использованием настольной вычислительной машины типа HP 9854S, встроенной в вездеходную автомашину.

Аппаратура MAXI-PROBE позволяет проводить наблюдения на 128 дискретных частотах в диапазоне от 1 гц до 58 000 гц. Разнос датчик-приемник может изменяться в пределах от 80 до 700 м. В настоящее время это позволяет достигать глубинность исследований от 30 до 300 м. Фото-снимки, отображающие аппаратуру (рис. 49) показывают датчик и приемник, а также аппаратуру в процессе работы в Венгрии и при ее транспортировке в условиях горного района Канады.

Сущность метода обработки заключается в следующем. Частотная кривая, характеризующая электромагнитное поле и полученная в полевых условиях, преобразуется в график кажущегося сопротивления — истинной глубины. Этот график состоит из прямых отрезков, наклонных между собой под определенными углами и имеет характерную зигзагообразную форму. Пункты изгиба графика соответствуют электрическим границам раздела (рис. 49). Отрезок графика, направленный влево соответствует слою пониженного сопротивления, а отрезок, направленный направо — слою повышенного сопротивления. По этим графикам вычислительная машина рисует разрез, проходящий через любое количество точек в любом масштабе, который служит основой для геологической интерпретации.

Весь процесс работы, начинающийся с проектированием, при получении 40 кривых зондирования при средних условиях, может быть выполнен в течение 2 недель.

Разрешающая способность метода ЧЗ проверялась путем проведения

контрольных измерений. На *рис. 50/a* результаты электромагнитных зондирований сопоставлены с разрезом угольной скважины района Жамбек и с каротажной кривой сопротивлений, полученной в этой же скважине. Пункт приведения зондирования совпал со скважиной. При подобранном разносе датчик-приемник диапазона глубин в фокусе охватывал глубины от 50 до 200 м. В этом диапазоне разности между результатами зондирования и каротажа не превысили 4 м. Угленосная толща эоценового возраста залегает на глубине 365 м, которая была выявлена зондированием с отклонением равным 14 м.

С помощью многочастотного зондирования были выделены 7 пластов, причем границы их раздела были определены при средней погрешности $\pm 3\%$. В качестве примера приводятся результаты контрольных измерений, проведенных над бокситовой залежью для проверки разрешающей способности метода (*рис. 50/b*). Частотные зондирования проводились при 4 разных разносах датчик-приемник с таким расчетом, чтобы пункт приведения совпал всегда с одной и той же скважиной. Бокситовая залежь мощностью 20—50 м, пройденная скважиной на глубине 200 м, была однозначно отмечена каждым из 4 зондирований. При этом можно было определить три границы раздела: подошву боксита (соответствующую поверхности доломитов), верхнюю границу боксита и верхнюю границу известнякового покрова. Отклонения глубин между результатами четырех независимых между собой зондирований, не превышали 6 м и отклонения этих глубин от результатов бурения были такого же порядка.

На этапах предварительной и детальной съемок наблюдения проводились, как правило, по профилям. Пример применения метода для поисков бурых углей приведен в разделе 1, (см. нижний график на *рис. 5*). В 1980 г. по результатам метода многочастотного зондирования было заложено 5 скважин в районе работ Мань Восток — Жамбек. Пробуренные скважины подтвердили ожидавшиеся по данным измерений геологическую модель, границу угленосной толщи и выявленный сброс. Средняя погрешность определения глубины оказалась меньшей 5%.

На *рис. 51* показаны результаты метода многочастотного зондирования по профилю, проведенному над бокситоносной линзой района Ихаркут (линза № II в шахте Немебэня) в направлении наклона. В основе построения геоэлектрического разреза лежит корреляция соседних кривых зондирования (пункты изгиба должны быть проектированы всегда на вертикальную ось), но определенная информация содержится также в величине кажущихся сопротивлений по оси приведения. Об интервале глубин до 30 м от поверхности измерения не дают информации, в связи с чем нельзя проследивать границу эоцена с мелом. В пределах толщи меловых отложений хорошо выделяются три слоя, благодаря чему можно точно определить условия наклонов в пределах этой толщи. По разрезу выявлен

тектонический грабен, заполненный бокситом. Пересекающий его слева сброс имеет древнее происхождение, так как в меловой толще он не намечается. Сброс по правой стороне имеет более молодой возраст и он прослеживается в меловой толще. На поверхности триасовых отложений этот сброс характеризуется приблизительно такой же амплитудой, как слой низкого сопротивления в меловой толще.

Вышеуказанный геоэлектрический разрез свидетельствует о том, что рассматриваемый метод нечувствителен к боковым эффектам. Физическая причина этого важного факта заключается в том, что по сравнению с методом ВЭЗ при наблюдениях методом многочастотного зондирования разности в 6—10 раз меньше и при этом применяется возбуждение вертикальным магнитным диполем. Проведенные работы позволили выделить нижнюю и верхнюю границы бокситовой залежи, залегающей на глубине 120 м. Ширина бокситового тела составляет всего лишь 50 м.

*Глубинные частотные зондирования с кондуктивным искусственным возбуждением поля**

В 1978 г. были начаты методические работы по глубинному частотному зондированию на базе цифровой техники. С тех пор разработаны методика полевых наблюдений и метод обработки получаемых данных. Измерения проводились с использованием генераторной установки типа ERSz—67, 5-канальной цифровой измерительной аппаратуры типа DEF—1 в диапазоне частот от 0,02 до 20 гц, на 21 дискретной частоте. Применялись две различных установки (рис. 52). Либо записывалась электрическая составляющая поля, параллельная питающему диполу, по каждому из 5 каналов, либо измерялось все электромагнитное поле. При выбранных отношениях отношение сигнала к естественному полю, т. е. отношение сигнал/шум, как правило, значительно превышает 1 (рис. 53), причем это отношение дополнительно увеличивается за счет многократного (30—50 кратного) суммирования. Это позволяет получить высокоточные кривые зондирования.

По полевым данным кривые искусственного частотного зондирования вычисляются высокоомощной ЭВМ (типа IBM—370/145 или ЕС—1035). Программа (блок-схема которой представлена на рис. 54) предназначена для обработки данных, получаемых при обеих схемах наблюдений. На рис. 55 кривые зондирования, полученные по различным составляющим электромагнитного поля, сопоставляются с кривыми магнитотеллурического зондирования. На рисунке хорошо отражается своеобразный ха-

* Чёргей Й.

рактен различных кривых зондирования в диапазоне низких частот, что согласуется с теорией.

Сравнительная быстрота проведения наблюдений по рассматриваемому методу по сравнению с магнитотеллурическим методом или методами постоянного тока проявляется, в частности, при детальном изучении структур.

При обработке данных можно руководствоваться двумя подходами. При одном из них интерпретируются кривые, полученные по наблюдениям с различными параметрами, дифференциальные кривые или их характерные точки. При этом правильная информация получается только в том случае, если наблюденные кривые довольно точны и даже небольшим отклонениям можно приписывать геологическую информацию. Второй подход — это количественная интерпретация с использованием семейства теоретических кривых или других количественно-качественных методов. Однако, такой подход может использоваться только тогда, если лучше известны особенности искажений кривых зондирования.

В 1980 г. работы по глубинному искусственному частотному зондированию проводились в районе Тоалмаш по линии сейсмического профиля А—126/77. В данном районе результаты магнитотеллурических наблюдений в значительной мере зависели от направления. Направление сейсмического профиля совпадает с направлением наклона структуры, которая может считаться двумерной. Наблюдения проводились с питающими диполями, направленными параллельно и поперечно профилю, соответственно. Кривые зондирования обрабатывались на новой ЭВМ Геофизического института, типа ЕС—1035. Для ускорения обработки использовалась и маломощная ЭВМ типа НР—984А. Значительная зависимость от направления, характерная для результатов магнитотеллурического зондирования, не намечалась в результатах искусственного частотного зондирования, проведенного в разных направлениях. Кривые МТЗ и искусственного частотного зондирования показаны на *рис. 56*.

С использованием палеток теоретических кривых, разработанных Океанологическим институтом АН СССР, была проведена палеточная интерпретация данных как электрических, так и пятикомпонентных измерений. Результаты интерпретации вместе с данными бурения скважины То—2 представлены на *рис. 57*. Из рисунка видно, что южнее скважины То—2 получены кривые типа Н, а севернее — кривые типа QH. Поверхность слоя низкого сопротивления может быть связана с границей раздела нижний-верхний паннон. В северной части разреза появляется и граница раздела плейстоцен — верхний паннон. Полученные результаты были сопоставлены с сейсмическим разрезом А—126/77. На временном разрезе МОВ нанесены глубины, полученные по данным метода искусственного частотного зондирования. Данные электро- и сейсморазведки очень хорошо согласуются между собой.

Начиная с 1977 г. обработка цифровых магнитотеллурических данных осуществляется в Институте в производственном порядке на ЭВМ различных типов (Минск—32, IBM—360/145). Основные алгоритмы разработанной системы программ были описаны в Годовом отчете Института за 1977 г.

В процессе внедрения новой ЭВМ типа ЕС—1035, система программ для обработки МТ—данных была усовершенствована и приспособлена к операционной системе OS/VS1 ЭВМ ЕС 1035.

Схема системы программ представлена на *рис. 58*. По сравнению с описанной в Годовом отчете за 1977 г. системой обработки данных, существующий комплекс программ дополнен следующими операциями:

- а) хранение преобразованных данных на магнитной ленте позволяет проводить последовательную обработку данных наблюдений без повторного ввода полевых лент;
- б) возможно осуществлять различные способы повышения отношения сигнал/шум, в зависимости от характера промышленных шумов;
- в) комплекс программ позволяет получить графическое представление результатов обработки.

2.2.2 Усовершенствование метода возбужденной поляризации (ВП)

*Работы по методу ВП в районе гор Бэржэнь для оценки аномалий***

Использование результатов разработки аппаратуры и методики ВП, проведенных в предыдущих гг. в геологоразведочных работах началось в 1980 г. Само собой разумеется что все-еще имеются нерешенные методические вопросы, но на передний план было выдвинуто использование дополнительной геологической информации, получаемой по наблюдениям аппаратурой типа GP—4 для оценки кажущихся аномалий ВП.

В качестве примера можно привести детальное изучение аномалии ВП, полученной в районе гор Бэржэнь, в частности на площади ок. рудника Рожа. Это оказалось единственным участком, где скважинами были вскрыты более значительная чем вкрапленное оруденение концентрация сульфида, тонкое жильное оруденение (результаты ранее проведенных

* Киш Й., Варга Г.

** Эркел А., Кирай Е., Верё Л.

исследований методом ВП и их интерпретация описаны в Годовом отчете за 1979 г.). На *рис. 59* показан графики относительных амплитуд — постоянных времен трех характерных кривых затухания $\left(\log \frac{w_i}{w_m}\right)$. Как показывают анализы буровых кернов, графики с тенденцией значительного повышения (18/98, $T=996$ сек) характерны для сетчато-жильного оруденения, а графики с снижением величин — для весьма слабого вкрапленного оруденения. По графику кажущейся поляризуемости (P_a), представленному в середине рисунка, такую интерпретацию нельзя проводить. График кривой затухания 18/112 носит переходный характер. Графики относительных амплитуд — постоянных времен кривых затухания отражают различия в рудной геологии, выявленных по данным бурения между участками профиля а, б и с.

Подобные исследования проводились над некоторыми другими аномалиями ВП (Куруц-патак, Банья-пуста), причем были подтверждены выводы, сделанные ранее по наблюдениям „ДИАПИР“ (см. Годовой отчет за 1978 г.), о том, что по динамическим параметрам ВП эти аномалии подобны. Кроме того было обнаружено, что графики $w-\tau$, полученные над этими аномалиями, отражают слабое вкрапленное оруденение, а в безаномальных районах для совершенно безрудных горных пород характерна выраженная тенденция снижения величин. Перспективность района гор Бэржэнь на рудоносность не изменилась в свете новых результатов, и кроме района рудника Рожа-банья, ожидать можно лишь наличия вкрапленного оруденения, даже на местах аномалий ВП.

Правильность сделанных выводов подтверждается и дополнительными исследованиями. На *рис. 59* показаны графики $w-\tau$, относящиеся ко времени 31,13 сек. На этих графиках — хотя они подобны графикам, относящимся к более длинным временам возбуждения — еще не намечается отличительный характер. В верхней части этого же рисунка показаны производные кривых затухания, вычисленных по методу Комарова. Производные относящиеся ко времени 996 сек, точно также различаются между собой, как графики $w-\tau$, а графики 31,13 сек точно так же непредставительны. Подобные выводы можно делать по *рисункам 60 и 61*. Преимущество графиков $w-\tau$ наглядно выражается при кривых затухания, характеризующихся значительными помехами. Этот метод, кроме того, дает возможность исключить электромагнитную связь.

Качественное улучшение в определении динамических параметров было достигнуто благодаря переходу от интерактивного метода, основывающегося на подразделении по факторам, к методу регрессии с использованием алгоритма Маркарда. Программа, разработанная для вычислительной машины типа НР 9854, исключает субъективность обработки данных, при одновременном ускорении операций обработки. Таким образом пред-

ставилась возможность проверки однозначности результатов. Из рис. 60 видно, что при хорошем отношении сигнал/шум, интерактивный и регрессионный методы дают почти одинаковые результаты (18/91). Но при менее удовлетворительных отношениях сигнал/шум, регрессионный метод может давать на один порядок более удовлетворительную аппроксимацию, причем графики $w - \tau$, в значительной мере различаются между собой (рис. 61, график 37/133).

Следовательно, об обоснованности сделанных нами геологических выводов свидетельствует независимость графиков относительных амплитуд — постоянных времен от метода обработки данных, а также тот факт, что применение советского метода приводит, в сущности, к аналогичным выводам.

2.3.3 Разработка электроразведочных методов постоянного тока

*Работы по методу потенциального картирования (ПК) на постоянном токе**

В результате методических работ, проводящихся с 1968 г., создания связанной с этим методики машинной обработки данных, а также создания полевой измерительной аппаратуры, был разработан многосторонний метод, приспособляющийся к модели изучаемого геологического строения, а также к решаемым задачам.

В простейшем случае метод потенциального картирования заключается в картировании поля, расположенных далеко друг от друга питающих электродов (постоянного тока), имеющих зафиксированное положение в процессе наблюдений, по профилям, параллельным „питающей линии“, по которым с использованием пары измерительных электродов М, N, измеряется величина градиента потенциала (рис. 62). От стандартного электрического профилирования по методу сопротивлений данный метод отличается тем, что в процессе „картирования“ определенной площади питающие электроды А, В находятся в одном и том же месте. Неизменное положение питающих электродов ускоряет проведение наблюдений и, кроме того, исключает возникновение ряда математически трудно решаемых искажений поля, благодаря чему повышается точность обработки данных.

В своей простой форме метод предназначен для решения задач, связанных с определением глубины залегания основания высокого сопротивле-

* Какаш К.

ния под толщей покровных отложений, являющейся однородной в первом приближении и характеризующейся гораздо меньшими сопротивлениями. В этом случае суммарная проводимость покровной толщи определяется выражением

$$S = \int_0^H \frac{dh}{\varrho} = K_p(r_A, r_B, r_M, r_N) \frac{I_{AB}}{\Delta V_{MN}}$$

где K_p — коэффициент (геометрический или нормирующий), зависящий от положения электродов; I — ток питания; ΔV — наблюдаемый градиент потенциала.

В результате потенциального картирования получается карта проводимости (S). При однородном строении покровной толщи проводимость пропорциональна мощности проводящей толщи (покрова), благодаря чему можно легко построить карту глубины основания высокого сопротивления. Карта S легко поддается интерпретации: при однородном покрове максимумы проводимости соответствуют прогибам основания, а минимумы — поднятиям. На основе такой модели ряд задач поисково-разведочных работ аппроксимируется хорошо. Такими задачами являются, например, в поисках бокситовых залежей, выделение прогибов доломитов подошвы (тектонических карстовых грабен, воронок, при поисках угольных месторождений — отбивка границ бассейнов мезозойского основания, заполненных толщей палеогеновых-неогеновых отложений; при поисках карстовых вод — определение сбросов, разрывов в карбонатном (карстовом) основании высокого сопротивления.

Однако, карта проводимости даже в таких простых случаях не полностью соответствует карте глубин: напр. сбросы, крутизна которых превышает 60° (независимо от степени крутизны), характеризуются аналогичными кривыми проводимости. В связи с этим простые вычисления глубин проверялись физическим и математическим моделированием. Примеры будут приведены ниже.

Если для основания характерны сопротивления не высокие по сравнению с покровом, или же, если в покрове имеется пропласток высокого сопротивления, то подбор длины и положения питающей линии имеет решающее значение. Хотя модели нормирования могут вычисляться при машинной обработке для любых конфигураций пластов, в сложных случаях более целесообразно использовать моделирование и полевые опытные работы для определения оптимального разноса АВ при данной границе раздела. Это называется оптимизацией питающей линии АВ. На рис. 62/б представлены графики проводимости, полученные в районе Чордакут при различных разносах питающих электродов. Из рисунка видно, что сброс в поверхности триаса наиболее выражено проявляется при

$AB=1260$ м, следовательно данный разнос оказывается оптимальным для данного района. В случае, если изучаемый объект (напр. бокситоносная воронка, экранирующий слой) залегает напр. под эоценовыми известняками, то оптимизация не приводит к эффективному результату; в этом случае целесообразно применять методы „просвечивания“ пространства между скважиной и поверхностью, или между несколькими скважинами.

Дополнительные затруднения возникают, когда направление поля введенного тока (с хорошим приближением: направление разности AB) не перпендикулярно изучаемому элементу строения (сбросу, тектоническим грабенам, массиву выступов). Если напр. питающая линия залегает параллельно сбросу, то на карте проводимости этот сброс не выделяется (имеет место выравнивание тока). Поскольку при приступлении к работам направление основных сбросов (структурных линий) известно только приблизительно, нами был разработан вариант метода, независимый от направления, т. е. позволяющий исключить из карты проводимости ложные аномалии, связанные с положением питающей линии.

Вектор напряженности поля (\vec{E}) измеряемый в одном пункте, выражается соотношением:

$$\vec{E} = [S^{-1}][K]\vec{I}$$

где $[S^{-1}]$ — четырех-элементный обратный тензор проводимости, характерный для распределения проводимости, $[K]$ — подсчитанный тензор нормирования, учитывающий геометрические эффекты, вектор напряженности питающего диполя. Элементы тензора S^{-1} содержат геологическую информацию. Можно показать, что детерминант этого тензора инвариантный и его можно определить с таким расчетом, чтобы в предельных случаях детерминант совпал с использованной до сих пор и физически хорошо определяемой проводимостью. Получаемую таким образом величину называем *инвариантной проводимостью*. Для определения элементов тензора S необходимо измерять в одном пункте всего 4 величины градиента потенциала по двум (по возможности перпендикулярным между собой) питающим линиям. Опыт показывает, что такое „инвариантное картирование“ действительно свободно от эффектов „выравнивания поля тока“ и прочих искажений поля.

Дополнительными полевыми опытными работами было обнаружено, что детерминант 4-элементного тензора определяется прежде всего величиной элементов, находящихся в главной диагонали. Следовательно, удовлетворительный результат получается и в том случае, если измеряются лишь „главные величины“, т. е. градиенты потенциала, параллельные двум перпендикулярным между собой питающим линиям. Так, в одном пункте проводится два измерения и это — „потенциальное картиро-

вание в двух направлениях“, результатом которого является карта средней проводимости

$$\tilde{S} = \sqrt{S_1 \cdot S_2}$$

Схема наблюдений по двум питающим линиям и парой измерительных электродов приведена на *рис. 62/а* и *с*.

На практике отдельно интерпретируются карта S_1 и карта S_2 , полученная по перпендикулярной питающей линии (тем самым можно выделить структурные линии, перпендикулярные измерительной установке), а также карта S (которая используется для достоверного определения глубин).

Для иллюстрации вышеизложенного здесь приводятся результаты моделирования. При этом моделировался цилиндрический прогиб основания (*рис. 62/с*). Карта S_1 изображает проводимость, полученную по широтной питающей линии, карта S_2 — то же по меридиональной питающей линии, а также искажения поля, связанные с выравниванием поля тока. Видно, что карта средней проводимости \tilde{S} уже с хорошим приближением отражает круговую форму возмущающего тела (*рис. 62/е, ф*).

*Математическое и физическое моделирование на постоянном токе**

Повышение эффективности электроразведочных методов, уже стандартно применяющихся при предварительных и поисковых геологоразведочных работах, создание электроразведочных методов, приспособленных к решению задач детальной разведки и производственной геофизики, вызвали необходимость усовершенствования методов прямого тока, а также методов геологической интерпретации получаемых результатов. В том числе частными задачами являются:

- выяснение вопроса о том, при каких моделях геологического строения оказываются эффективными различные методы постоянного тока;
- разработка методов пересчета получаемых величин в глубину залегания изучаемой границы раздела; замена применявшихся до сих пор методов интерпретации качественного характера количественными методами, приспособленными к машинной обработке данных;
- использование новых достижений при проектировании разведочных работ.

* Шимон А., Сабадвари Л., Сарка Л., Сигети Г.

Для этой цели, кроме проведения *математического моделирования*, было начато физическое (аналоговое), моделирование в Лаборатории электромагнитного моделирования (ЛЭМ), построенной в Институте геофизики и геодезии АН ВНР в г. Шопроне. ЛЭМ была создана совместными усилиями Предприятия геофизической разведки Треста нефтяной и газовой промышленности, института геофизики и геодезии АН ВНР и Геофизического института ЭЛГИ. Лаборатория предназначена, в основном, для моделирования электромагнитного частотного зондирования и профилирования, а также магнитотеллурических измерений. Анализируя поведение уравнений Максвелла при преобразовании подобия, можно показать, что при заданных размерах бака моделей, можно моделировать измерения на прямом токе при возбуждении переменным током в диапазоне звуковых частот. Высоко автоматизированная Шопронская лаборатория дает достоверные результаты измерений. В 1979 г. основное внимание уделялось моделированию метода потенциального картирования.

В настоящее время физическое моделирование можно проводить применительно к различным структурным формам. Однако, если решено математическое моделирование для данного типа модели, то благодаря возможности любого варьирования параметров, можно более экономично и быстрее приблизиться к решению обратных задач полевых наблюдений.

Пользуясь различными возможностями обоих типов моделирования, они применялись согласованно, дополняя друг друга. При помощи физического моделирования моделировались двумерные формы, как вертикальные и наклонные сбросы, двуступенчатые сбросы, надвиги, горсты, грабены и трехмерные формы, как прямоугольные поднятия и прогибы.

На *рис. 63* приведены результаты физического моделирования над серией сбросов, двуступенчатыми сбросами, двумерными выступами и прогибами. В случае сбросов результаты математического и физического моделирования совпали с точностью 2%. В связи с этим, для интерпретации полевых наблюдений, с помощью математического моделирования при машинном представлении данных, были вычислены таблицы палеток $1/S$ для случая сброса. Подобная палетка теоретических кривых представлена на *рис. 64*, составленной для количественной обработки полевых данных.

В Годовых отчетах за 1976 и 1979 гг. были приведены примеры метода конформного отображения над сбросами и другими приподнятыми структурными формами. В 1980 г. подобное конформное отображение было достигнуто для эллипсообразных прогибов, при изменении глубины и ширины прогиба. График S , полученный над такой структурой, представлен на *рис. 65*.

Для метода просвечивания межскважинного пространства разработан

приблизительный метод вычисления глубины для двухслойной модели (причем второй слой может считаться изолятором по сравнению с покрывным слоем). Условия:

- горизонтальное протяжение структурного элемента соизмеримо со средней глубиной залегания второго слоя;
- изменение глубины не превышает 20—30% от средней глубины.

При выполнении этих условий, напряженность электрического поля определяется по напряженности нормального поля для горизонтально-слоистой среды путем разложения в ряд по глубине:

$$E = \varrho E_0 + \varrho \left. \frac{\partial E_0}{\partial h} \right|_{h=0} \Delta h + \dots$$

Так глубина описывается соотношением:

$$h = h_0 + \Delta h = h_0 + \left(\frac{E}{\varrho} - E_0 \right) K$$

где

- h_0 — средняя глубина залегания второго слоя,
- E — наблюдаемая напряженность поля,
- E_0 — нормальная величина напряженности поля,
- ϱ — удельное сопротивление первого слоя,
- K — коэффициент, зависящий от схемы установки электродов и от параметров нормальной модели.

Практические приемы сводятся к следующему:

- ввод поправок в наблюдаемую напряженность поля из-за изменения удельного сопротивления покровной толщи, в горизонтальном направлении (для этой цели сопротивление отсчитывается с карты сопротивлений построенной по кривым ВЭЗ и данным бурения);
- проведение вычисления глубин в более узком смысле слова. При этом вводится поправка зависимости напряженности поля от глубины с использованием коэффициента K , учитывающего изменения по координатам.

Программа, записанная для полевого вычислительного центра выполняет первую и вторую операции по любым интервалам или одновременно. В соответствии с этим она составляет карту проводимости, исправленную из-за сопротивления покровной толщи, или карту глубин.

2.2.4 Разработка электроразведочной аппаратуры

*Аппаратура для метода ТТ типа ТЕМ—80**

За последнее десятилетие по всему миру намечалось широкое распространение магнитотеллурического (МТ) метода. Однако, для решения ряда задач, на этапе подготовки разведочных работ, а также на этапе детализации, целесообразным оказывается применение метода теллурических токов (ТТ), расходы по которым в 10—20 раз ниже по сравнению с методом МТ. Но при этом, помимо современной МТ-аппаратуры, управляемой, как правило, вычислительной машиной, необходимо применять аппаратуру ТТ подобно высокому уровню.

Такой аппаратурой является ТЕМ—80 (*рис. 66*). Аналоговые усилители аппаратуры совпадают с усилителями электрических каналов аппаратуры МТ типа DEF—1, разработанной в ЭЛГИ, но ее активные фильтры позволяют измерять более узкие полосы частот. После преобразования наблюдаемых данных в цифровые сигналы, аппаратура выполняет весьма трудоемкую операцию обработки данных в реальном масштабе времени при помощи своих арифметического и запоминающего устройств. Эта операция заключается в определении так называемой тотальной величины, получаемой для 4 горизонтальных составляющих (в том числе две наблюдаемые составляющие и две — вычисленные по ним аппаратурой). Четыре тотальных величины, относящихся к 5-минутным интервалам времени, аппаратура автоматически печатает вместе с данными о чувствительности, фильтре, времени и месте пункта наблюдения. Соответствующая синхронизация базисной и передвижной станций обеспечивается цифровыми часами.

Вводя эти данные в счетно-решающее устройство НР—97, через несколько минут получают стандартные параметры теллурических токов.

Принципальная схема аппаратуры типа ТЕМ—80 показана на *рис. 67*.

Основные блоки аппаратуры и их предназначение:

- 1 — предусилитель, ручной компенсатор ПС, активные фильтры;
- 2 — аналоговое устройство калибровки и измерения модуляции, для относительной калибровки аппаратуры, для измерения модуляции предусилителя;
- 3 — коммутатор каналов и преобразователь аналог/код;

* Боршани А., Немеш Л., Селеш Г.

- 4 — арифметическое и запоминающее устройство для вычисления и хранения тотальных величин по значениям $\Delta x, \Delta y$, для управления печатанием и показанием результатов;
- 5 — печатающее устройство и устройство для представления цифр для автоматического составления протокола измерений;
- 6 — цифровые часы для синхронизации работы и 5-минутных измерительных циклов базисной и передвижной станций и для представления данных о времени в протоколе;
- 7 — программируемое устройство управления для согласования работы блоков, проведения тестов, составления протокола.

Основные характеристики аппаратуры:

Количество входных каналов	2
Уровень шумов, приведенный ко входу	0,5 мкв
Максимальная чувствительность	0,5 мкв/разряд
Максимальный входной сигнал	в 6 градациях чувствительности от ± 1 мв до ± 243 мв
Разрешение	11 разрядов + знак
Входное сопротивление	1 мом
Подавление 50 гц	80 дб на октаву
Идентичность амплитуд	$\pm 1,5\%$
Идентичность по времени	50 мс
Габариты	$400 \times 500 \times 170$ мм + источник питания подобных габаритов
Источник	генератор Хонда Е—1500.

*Новые переносные виды аппаратуры с цифровым показанием для автоматического измерения сопротивления и вызванной поляризации**

В новой серии аппаратуры ДИАПИР — разработка которой была начата в 1980 г. — для измерения первичных и вторичных электрических сигналов, для улучшения отношения сигнал/шум, предусмотрено применение некоторых решений, совершенно отклоняющихся от обычной практики.

- измеряется не точечная амплитуда первичных и вторичных напряжений, а *площадь сигнала*, при изменяемом времени возбуждения — интегрирования. Увеличение времени интегрирования позволяет

* Эркел А., Шимон П.

- в значительной мере улучшить отношение сигнала к высокочастотным, квазигармоничным, промышленным и теллурическим шумам;
- применяется цифровая фильтрация первичных и вторичных сигналов, возбужденных импульсами с изменяющимся знаком. Такое решение позволяет полностью подавить линейные шумы (перемещение нуля, дрейф усилителей, электродов, теллурические токи больших периодов);
- для дополнительного улучшения отношения сигнал/шум применяется многократное (N -кратное) суммирование;
- приемы повышения отношения сигнал/шум, предусмотренные в аппаратуре, позволяют уменьшить мощность источников питания на один-полтора порядка;
- из затухающего сигнала — независимо от времени возбуждения — в равные интервалы берутся восемь выборок. Это представляет собой преимущество особенно в тех случаях, когда, кроме рекогносцировочной и региональной съемки, охватывающей крупные площади (измерение только $q_k - P_k$) предусмотрено и определение формы кривой затухания (динамических параметров) в районе аномалий.

Время возбуждения-измерения может изменяться в шести бинарных градациях в диапазоне $T_k = 1,6 - 51,2$ сек:

$$T_k = 0,8 \cdot 2^k \quad k = 1 - 6.$$

При измерении первичного сигнала продолжительность времени интегрирования изменяется вместе со временем возбуждения:

$$dT = \frac{10}{16} \cdot T_k.$$

При подборе времени возбуждения необходимо следить за тем, чтобы помехи, вызываемые вихревыми токами в грунте — амплитуда которых пропорционально увеличивается с длиной кабеля — не искажали результаты наблюдений. Между временем возбуждения (T_k) и началом времени интегрирования (T_0) существует следующая зависимость:

$$T_0 = \frac{6}{16} T_k$$

следовательно, его следует подобрать с таким расчетом, чтобы выполнялось условие $T_0 \geq T_1$,

где T_1 — момент, в который амплитудой помех, вызываемых вихревыми токами, уже можно пренебречь и в этом случае не приходится считаться с этим возмущающим эффектом.

В связи с упрощением обработки, времена и отношение времени возбуждения выборок с аналогичными порядковыми номерами, взятыми из кривых затухания, остаются аналогичными для всех времен возбуждения, а именно:

$n =$	1	2	3	4	5	6	7	8
$\frac{T_k}{T_n}$	$\frac{16}{1}$	$\frac{16}{3}$	$\frac{16}{5}$	$\frac{16}{7}$	$\frac{16}{9}$	$\frac{16}{11}$	$\frac{16}{13}$	$\frac{16}{15}$

где:

t_n — момент взятия выборки на кривой затухания;

n — порядковый номер выборки.

Такое решение оказывается выгодным в случаях, когда хотим определить кажущуюся динамическую поляризуемость.

При подборе числа импульсов (N) следует следить за тем, чтобы между периодом поля теллурических токов T_{TE} и временем возбуждения выполнялось условие

$$N \cdot T_k < \frac{T_{TE}}{2},$$

где

N может быть = 4, 6, 10.

В *Таблице 1* содержатся результаты лабораторных испытаний аппаратуры ДИАПИР—4008/Н. К сигналу ВП, полученному при времени возбуждения 1,6 сек, были прибавлены синусоидальные и линейные „шумы“ различной частоты, амплитуда которых приблизительно в 10 раз больше по сравнению с сигналом. Видно, что влияние линейного шума или шума частотой выше 50 гц, почти полностью устраняется благодаря многократному суммированию.

В центральной части города Будапешт относительное отношение сигнал/шум можно было увеличить в пять раз, при мощности источника, уменьшенной в 4 раза:

	T_k	I	N	$\Delta U_T \%$
ДИАПИР—Е	6,4 s	100 mA	10	$\pm 23,9\%$
ДИАПИР—4008/Н	1,6 s	25 mA	4	$\pm 4,8\%$

Результаты лабораторных анализов, проведенных аппаратурой DIAPIR—4008/N

Частота шума (<i>f</i>)		Линей- ный шум	0,02 гц		0,03 гц		0,05 гц		4 гц	8 гц	18 гц	50 гц	100 гц
Кратность суммирования			4	4×4	4	4×4	4	4×4	4	4	4	4	4
			Оклонение сум- мированной ве- личины от без- шумной вели- чины			$\Delta U\%$		$\Delta U\%$		$\Delta U\%$			
Порядковый номер выбо- рок, взятых из сигнала затухания			$\Delta U\%$		$\Delta U\%$		$\Delta U\%$		$\Delta U\%$				
1.	9,40	0,0	2,6	0,4	2,7	0,9	6	0,6	0,8	2,2	0,0	0,0	0,2
2.	8,17	0,0	3,0	0,5	3,0	1,1	6,5	0,6	0,6	0,1	0,1	0,3	0,3
3.	7,11	0,0	3,4	0,4	3,8	1,5	7,2	0,4	0,3	2,8	0,1	0,3	0,3
4.	6,19	0,0	3,7	0,2	4,4	1,8	8,0	0,4	1,5	4,7	0,0	0,0	0,2
5.	5,40	0,0	3,9	0,3	5,2	2,5	9,3	0,3	1,1	3,0	0,2	0,0	0,0
6.	4,69	0,0	4,3	0,3	6	2,8	9,4	0,5	1,7	0,9	0,0	0,2	0,0
7.	4,09	0,0	4,4	0,5	6,9	3,4	8,8	0,6	2,5	5,9	0,0	0,0	0,3
8.	3,55	0,1	4,5	0,8	7,3	3,9	8,2	0,7	3,0	7,6	0,0	0,0	0,7

В связи с импульсным характером промышленных помех, улучшение отношения сигнал/шум было всего двадцатикратное; при стандартных полевых условиях легко достигается 50—100-кратное повышение отношения сигнал/шум.

Разрабатывается новая серия аппаратуры ДИАПИР, в которой мощность источника питания (10 вт—200 вт—2 квт) будет изменяться в зависимости от геологической задачи и от глубины исследований.

2.3.1 Разработка аппаратуры радиоактивного каротажа*

В результате работ по разработке зондов РК, проводящихся уже несколько лет, был изготовлен дополнительный блок *зонда для угольных скважин*. Схема зонда представлена на *рис. 68*. Зонд представляет собой трехканальную систему, одновременно измеряющую естественное гамма-излучение, диаметр скважины и плотность пластов. Зонд работает с одножильным кабелем. Для прижима кавернометрического рычага и устройства для измерения плотности к стенке скважины, служит электрическое механическое устройство. Приводной механизм был разработан в 1979 г. с таким расчетом, чтобы он мог использоваться одновременно для трехрычажных кавернометров (см. Годовой отчет за 1979 г.). По каждому из трех каналов информация поступает на поверхность в виде импульсов. Получаемые данные могут разрабатываться по любой из трех-канальных наземных устройств, разработанных в ЭЛГИ.

Электронная система зонда построена на самых современных двухполярных интегральных схемах и схемах CMOS, расположенных в корпусе из нержавеющей стали. Блок-схема электронной схемы представлена на *рис. 69*.

Основные технические данные зонда:

Диаметр	60 мм
Длина	ок. 2600 мм
Устойчивость против давления	до 35 МПа
Теплостойкость	120 °С
Диапазон измеряемых диаметров скважин	60—250 ± 1 мм
Измеряемая плотность (по принципу радиоактивности)	1—2 ± 0,05 г/см ³
Диапазон измеряемого гамма-излучения	от 1 до 100 мкр/ч.

* Бартош Ф., Бекеш Т., Короди Г., Лист Ф., Морвай Л.

В течение отчетного года была создана новая наземная аппаратура РК типа *KRF—4—220K*. Хотя при разработке этой аппаратуры основной задачей было удовлетворение требованиям нефтяной промышленности, все же, по своим техническим параметрам она может использоваться в качестве составной части любой современной каротажной станции. Она предназначена для обработки сигналов, поступающих с трех измерительных каналов РК (или прочего импульсного режима) и сигналов локатора муфт. Аппаратура построена в системе стандартных сменяемых блоков *KONTASET*, с сменяемыми печатными схемами.

В аппаратуре использованы разработанный в ЭЛГИ современный принцип **АМПЛИТУДНОГО МУЛТИПЛЕКСЕРА**, и современные интегральные двуполярные схемы и схемы **CMOS**. На выходах каналов получается постоянное напряжение, пропорциональное числу импульсов, а при использовании двухканального зонда **ННК** — информация, пропорциональная пористости. Основные блоки аппаратуры представлены на *рис. 70*.

Новой разработкой является — и с точки зрения методики каротажа — устройство **АСР** для вычисления пористости. Для пород одинаковой матрицы и различной пористости, пористость связана с числом импульсов, измеряемым зондом **ННК**, по следующему соотношению:

$$\ln P = a - bN$$

где P — пористость; N — число импульсов, a и b — постоянные. Это соотношение действительно, при соответствующей длине зонда, для диапазона пористости, встречающегося на практике каротажных работ, однако, оно сильно зависит от скважинных условий. При применении двухканального зонда эта зависимость исключается при помощи формулы, решаемой и аналоговыми схемами:

$$P = \exp a \cdot \exp \left[-b \left(\frac{N_H}{N_R} - \frac{N_{H_0}}{N_{R_0}} \right) \right]$$

где:

N_H = число импульсов по длинному каналу,

N_R = число импульсов по короткому каналу.

Индекс „0“ означает точку характеристики с высокой пористостью.

Вышеуказанное соотношение может быть представлено в виде прямой в соответствующей системе координат (*рис. 71*).

Как видно из рисунка, контур, осуществляющий вышеуказанную формулу, может быть установлен в двух пунктах с соответствующей величиной пористости.

В процессе разработки серии аппаратуры *XRF* был изготовлен зонд диаметра 33 мм (типа *KRGE—50—1—33x*), который может использоваться и в

горных взрывных скважинах Зонд опускается в скважину при помощи буровых штангов. Зонд XRF предназначен для селективного по энергии измерения возбужденного характерного излучения низкой энергии (3—30 кэв). Корпус зонда изготовлен из полиэфирной смолы, укрепленной пластмассой и оснащен бериллиевым окном толщиной 0,5 мм. Высокая разрешающая способность зонда обеспечивается парой дифференциальных фильтров, управляемых наземной аппаратурой (см. Годовой отчет за 1978 г.).

Для экспресс-анализа рудосодержания буровых кернов разработан измерительная головка-анализатор типа KRF—1—12х, позволяющая проведение быстрого определения вещественного состава буровых кернов без их разрушения. В измерительной головке размещены пропорциональный счетчик высокого качества и источник излучения XRF. Перед чувствительной поверхностью детектора расположены 6 сменяемых механических фильтров. В зависимости от материала фильтров можно раздельно определять различные составляющие руды, содержащейся в кернах (рис. 72).

2.3.2 Разработка методики РК

*Исследование вычисленных и моделированных полей нейтронов**

По поручению ЭЛГИ Геофизическая кафедра Университета им. Этвеша провела работу по вычислению семейства теоретических кривых с использованием теории четырехгрупповой диффузии.

Уравнения четырехгрупповой диффузии нейтронов были решены для двухслойной цилиндрической модели (скважина и слой). В результате вычислений построены палетки теоретических кривых для матриц известняков и песков, для тепловых и сверхтепловых нейтронов, при помощи которых получается связь диаметра скважины d (от 0 до 254 мм) и длины зонда (от 30 до 90 см) с пористостью по нейтронам Φ_N (от 0 до 40%).

В геофизическом институте ЭЛГИ математический метод согласования теоретических кривых и данных моделирования был усовершенствован и обобщен для четырехгруппового случая.

Если известны зависимость потока нейтронов в элементарном объеме dV детектора нейтронов объема V от энергии и места ($F(E, r)$), а также макроскопическое сечение реакции $\Sigma^{(m)}(E)$, служащей для измерения,

* Андраши Л.

то величину счета (N) заданной продолжительности до $t = t_0$ определяется соотношением

$$N = \int_{t_0} \int_V \int_E \Sigma^{(m)}(E) \varepsilon(E) F(E, r) dE dV dt \quad (1)$$

Измерительный зонд изменяет распределение потока и этот эффект выражается фактором $\varepsilon(E)$.

После определенного упрощения физических условий соотношение (1) может быть преобразован и использован для согласования теоретически подсчитанных потоков, действительных для четырехгруппового случая, с наблюдаемыми числами импульсов. Предполагается, что внутри детектора поток нейтронов $F(E, r)$ не зависит от места и равен теоретическому потоку, подсчитанному для геометрического центра детектора $r = r_0$. После ввода групповых потоков интеграл (1), в который энергия входит как непрерывно изменяющаяся переменная, может быть преобразован в сумму:

$$N = 60 V \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \int_{E_i'}^{E_i''} \Sigma^{(m)}(E) F(E, r_0) dE = 60 V \sum_{i=1}^4 \varepsilon_i \Sigma_i^{(m)} F_i(r_0), \quad (2)$$

где:

ε_i — средняя от $\varepsilon(E)$ в i -ево́й группе,

$\Sigma_i^{(m)}$ — средняя от $\Sigma^{(m)}(E)$ также в i -ево́й группе.

Факторы ε_i получаются путем пересчета теоретических кривых и данных калибровочных измерений. Величины $\Sigma_i^{(m)}$ определяются теоретически.

При согласовании подсчитанных и моделированных полей нейтронов необходимо учитывать, что условия вычислений и моделирования не одинаковы, в связи с чем их нельзя прямо сопоставлять. В то время, как теоретические вычисления для четырехгруппового случая аппроксимируют пространственное распределение нейтронов и описывают его при помощи математических соотношений почти спектрально, моделирование и полевые наблюдения не позволяют разделить группы (они ограничиваются, в основном, детектированием тепловых нейтронов).

Для уточнения измерительного фона, на детектор измерительного зонда в опытном порядке был помещен кадмиевый фильтр. Основные процедуры вычисления, применяемые для согласования теоретических кривых с данными калибровочных измерений сводятся к следующему:

1. С использованием палетки теоретических четырех-групповых двух-слойных кривых — сверхтепловые нейтроны (индекс 3) и тепловые нейтроны (индекс 4) — с учетом параметров зонда (длины зонда, длины и

диаметра детектора) а также интенсивности источника нейтронов, вычисляются измененные формы теоретических кривых (рис. 73). На рисунке $G_3(\Phi_N) = 60 VC \Sigma_3^{(m)} F_3$ и $G_4(\Phi_N) = 60 VC \Sigma_4^{(m)} F_4$, где C — интенсивность источника.

2. Зная измененные формы теоретических кривых записываются так назыв. нормальные уравнения для тепловых и сверхтепловых нейтронов. Эти уравнения определяют связь между числами импульсов, определенными измерением ($N_{изм.}$), величинами $G_3(\Phi_N)$, $G_4(\Phi_N)$ и факторами ε_3 и ε_4 , характеризующими „депрессию“ потока.

Эти уравнения имеют общий вид:

$$\begin{aligned} N_{3j} &= \varepsilon_3 G_{3j}(\Phi_{Nj}) + \eta_3 \quad \text{— для сверхтепловых нейтронов} \\ N_{4j} &= \varepsilon_4 G_{4j}(\Phi_{Nj}) + \eta_4 \quad \text{— для тепловых нейтронов} \end{aligned} \quad (3)$$

где:

$j = 1, 2, \dots, M$,

M — количество калибровочных пунктов,

η_3 и η_4 — величина фона, связанного с присутствием корпуса зонда.

Величины ε и η получаются по следующим условиям минимума:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n \{N_{3j} - \varepsilon_3 [G_{3j}(\Phi_{Nj}) + \eta_3]\}^2 &= \min. \\ \sum_{j=1}^n \{N_{4j} - \varepsilon_4 [G_{4j}(\Phi_{Nj}) + \eta_4]\}^2 &= \min. \end{aligned} \quad (4)$$

В качестве примера приводятся данные измерений, проведенных на двух моделях различных диапазонов ($N_{изм.}$), а также статистические погрешности измерений (σ), числа импульсов, подсчитанных при помощи соотношения (3) и разности измеренных и подсчитанных величин числа импульсов ($N_{выч.}$) (Таблицы II, III).

Кроме диаметров моделей, указанных в таблице, путем линейной интерполяции можно вычислить параметры ε и η для любых диаметров. При

Таблица II

Φ_N	$d = 214 \text{ mm}$							
	сверхтепловые нейтроны				тепловые нейтроны			
	$N_{изм.}$	σ	$N_{выч.}$	$N_{изм.} - N_{выч.}$	$N_{изм.}$	σ	$N_{выч.}$	$N_{изм.} - N_{выч.}$
%								
14,86	491	35	506	-15	5419	116	5516	-97
16,97	472	34	459	+14	3888	111	4883	+5
20,50	397	31	388	+9	4273	103	4123	+150
41,00	207	23	212	-5	1745	66	1801	-56

Φ_N	$d = 150 \text{ mm}$							
	сверхтепловые нейтроны				тепловые нейтроны			
	$N_{\text{изм.}}$	σ	$N_{\text{выч.}}$	$N_{\text{изм.}} - N_{\text{выч.}}$	$N_{\text{изм.}}$	σ	$N_{\text{выч.}}$	$N_{\text{изм.}} - N_{\text{выч.}}$
14,20	1092	52	1073	+ 19	12 163	174	12 000	+ 163
19,10	775	44	807	- 32	8 806	148	9 049	- 243
36,00	406	32	394	+ 12	3 132	88	3 052	+ 80

помощи нижеследующих уравнений можно использовать измененные теоретические кривые:

$$G_{3j}(\Phi_{Nj}) = \frac{N_{3j} - \left[\frac{\Delta\eta_3}{\Delta d} (d - 150) + \eta_3 \right]}{\varepsilon_3 - \left[\frac{\Delta\varepsilon_3}{\Delta d} (d - 150) \right]} \quad (5)$$

$$G_{4j}(\Phi_{Nj}) = \frac{N_{4j} - \left[\frac{\Delta\eta_4}{\Delta d} (d - 150) + \eta_4 \right]}{\varepsilon_4 - \left[\frac{\Delta\varepsilon_4}{\Delta d} (d - 150) \right]}$$

Величины ε и η относятся к диаметру базы $d = 150 \text{ mm}$. После проведения преобразования, зная подсчитанные величины $G_3(\Phi_N)$ и $G_4(\Phi_N)$ и диаметр скважины, можно определить величины пористости Φ_N по палетке.

*Изучение спектрального состава естественного гамма-излучения**

Для определения состава (радиоактивных элементов) горных пород были проведены методические исследования с использованием энерго-селективного метода измерения естественного гамма-излучения. Эти исследования проводились в рамках задания 5.1.1 ИНТЕРГЕОТЕХНИКИ.

В процессе интерпретации полученных данных было определено содержание тория, урана и калия в горных породах, что дает важную информацию для количественного и качественного определения глинистости пройденных скважиной отложений, для изучения их литологии, стратиграфической корреляции и т. п.

Для определения содержания тория, урана и калия в горных породах, необходимо проводить калибровку измерительной аппаратуры по энергии, а для определения содержания в них радиоактивных веществ — количественную калибровку аппаратуры. Для измерений использовалась из-

* Дорко Р.

мерительная система, состоящая из энерго-селективного зонда типа KRGE-1-120-60s и наземного устройства типа KRF-4-12 Ап, в которой применяются следующие энергетические окна:

окно 1 (изотоп К-40	— 1,46 мэв)	1,34—1,55 мэв;
окно 2 (вариант RaC	— 1,76 мэв)	1,60—2,03 мэв;
окно 3 (вариант ThC''	— 2,62 мэв)	2,45—3,00 мэв;
окно 4 (квазиинтегральный)		1,34—3,00 мэв.

Для проведения исследований в ЭЛГИ была изготовлена система эталонов, которая использовалась для количественного изучения естественного гамма-излучения пройденных скважинами горных пород. Схема системы эталонов представлена на *рис. 74*. Отдельные пласти герметично обособлены один от другого, с тем, чтобы радонные и торонные газы, образующиеся в процессе радиоактивного разложения, не улетучивались. Система эталонов состоит из пластов с различным содержанием калия (6 пластов), тория (3) и урана (3 пласта). Содержание в них радиоактивных веществ охватывает диапазон величин, встречающихся на практике каротажных работ, за исключением скважин, бурящихся на радиоактивные руды.

С использованием этих эталонов проводилась калибровка вышеупомянутой каротажной аппаратуры. Была выполнена количественная калибровка спектров, полученных аппаратурой типа ASA-1024-16 по различным радиоактивным составляющим. Между полученным числом импульсов и содержанием естественных радиоактивных веществ находящихся в равновесии, получены линейные зависимости. В качестве примера на *рис. 75* приводятся зависимости числа импульсов от содержания тория в различных энергетических окнах. Зная угловой коэффициент прямых калибровки, было вычислено количество различных естественных радиоактивных веществ. Для вычислений — при непрерывном каротаже — применялся метод „стриппинг“, а при точечных измерениях, проведенных аппаратурой типа ASA-1024-16 — метод площади под эффективным пиком (метод „netto area“). Система уравнений, применяемая в методе стриппинга имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} N_3 &= m_{3t} \cdot Th \\ N_2 &= m_{2u} \cdot U + m_{2t} \cdot Th \\ N_1 &= m_{1k} \cdot K + m_{1u} \cdot U + m_{1t} \cdot Th \end{aligned} \quad (6)$$

где:

$N_{1, 2, 3}$ = числа импульсов, полученных в различных окнах;
 $N_{i, j}$ = зависимость полученного числа импульсов от содержания радиоактивных веществ, определенного для соответствующего окна;

K, U и Th = содержание калия, урана и тория, соответственно.

В методе „netto area“ между полученным числом импульсов и содержанием соответствующего радиоактивного вещества действительна простая линейная зависимость. В качестве примера применения метода представляется кривая, полученная в бокситовой скважине (рис. 76). Из рисунка видно, что в пределах бокситоносной толщи хорошо выделяются пропластки с повышенным содержанием глины.

2.3.3 Полевые методические исследования*

По горным рентгенорадиометрическим исследованиям проводились работы по усовершенствованию метода и технологии рентгенорадиометрических измерений в скважинах рудоносного района Речк. Кроме точечных наблюдений было введено непрерывное измерение, которое может осуществляться как в сухих скважинах, так и в скважинах, заполненных водой (буровым раствором). Кроме технологии измерений, важной методической задачей была разработка методики количественной интерпретации получаемых кривых, т. е. определение содержания меди в рудных зонах, пройденных скважинами.

Рентгенорадиометрические исследования проводились в рамках комплексного каротажа скважин, с использованием зонда типа KRGE-1-50-36х. Наблюдения выполнялись в энергоселективном режиме в диапазоне от 7,8 до 8,6 кэв (в энергетическом окне 0,8 кэв). На буровых кернах предприятием ОЕА** проводились химические анализы через каждые 10 см. В связи с этим, рентгенорадиометрические данные, полученные в скважинах, осреднялись также через 10 см и результаты были сопоставлены с данными химического анализа. Благодаря этому было получено соотношение, позволяющее определить содержание меди в горных породах (в единицах Си%) по данным, полученным в скважине. При применявшейся аппаратуре по этим данным достоверно можно определить содержание меди, превышающее 0,3—0,4%. Градуировочная кривая аппаратуры представлена на рис. 77.

Изучение зольности угольных залежей. Одновременно с разработкой оптимального комплекса методов изучения скважин, бурящихся на каменный уголь, была разработана методика наблюдений и обработки данных, позволяющая определять зольность некоторых видов каменных углей.

В 1980 г. основной объем каротажных работ по поиску угольных залежей проводился в районе работ Мижерфа, в связи с чем полученные здесь данные были использованы для разработки методики.

* Бекеш Т., Хонош П., Караи Г., Морваи Л., Суньог Ф., Виола Б.

** Государственное предприятие по рудным и нерудным месторождениям.

Изучались условия образования и строения угольных залежей с использованием треугольной диаграммы, созданной в системе координат объемного веса и естественной активности („кросс-плоты“), с пиками, соответствующими параметрам угля, песка и глины. Построенные таким образом кривые отражают строение залежей на основе их положения в треугольной диаграмме и способствуют однозначному выделению залежей.

Содержание золы определялось по кривым ГГК путем определения величины объемного веса, а также по данным селективного ГГК, чувствительного к эффективному атомному номеру. Лабораторные данные, необходимые для обработки каротажных данных, были получены от Ноградского предприятия угольной промышленности. На рис. 78 приведены величины содержания золы, вычисленные по данным ГГК для залежей №№ III и II скважин Т-1 и Т-9, а также данные лабораторных анализов. Из рисунка видно, что наблюдаемые и подсчитанные величины хорошо согласуются между собой.

Каротажные работы в бокситовых рудниках. В районе работ Чордакут Предприятия угольной промышленности Татабанья в отчетом году проводились каротажные работы, сначала в опытном, а затем в производственном порядке. Измерения проводились в сухих скважинах, пробуренных в горных выработках. Задачей было при этом выделение бокситовых тел, залегающих под угольными залежами.

Для выделения и приблизительной качественной оценки бокситовых тел использовались методика нейтронно-активационного каротажа, разработанная для исследования наземных скважин и технология измерений, измененная с учетом горных условий.

На рис. 79 приведены результаты, полученные в скважине Csbb-46.

2.3.4 Разработка каротажной аппаратуры и устройства

для экспресс-обработки данных, управляемых вычислительной машиной*

В рамках работ по заданию 5.4.1 ИНТЕРГЕОТЕХНИКИ была разработана каротажная станция для проведения измерений и экспресс-обработки данных *типа KD—20*, управляемая микро-ЭВМ, международное испытание которой было успешно выполнено в 1980 г. В ноябре 1980 г. проводились представительные измерения в Чехословакии. Описание аппаратуры было дано в Годовом отчете за 1978 г.

По своим механическим и электрическим параметрам, а также простоте обслуживания, цифровая аппаратура *типа KD—30*, разработанная в 1980 г.,

* Барат И., Данкхази Г., Хорват Ф., Йошепович Г., Морваи Л., Пакозди Л.

укомплектованная вычислительным устройством, входит в серию аппаратуры ЭЛГИ типа К—500. Но она может быть подключена и к любой коротажной системе, предназначенной для исследования больших глубин. Блок-схема измерительной и обрабатывающей системы представлена на *рис. 81*.

Измерительная аппаратура позволяет проводить интерактивную интерпретацию благодаря тому, что на осциллографическом устройстве представления данных, встроенном в аппаратуре КД—30, последний 25-метровый интервал результатов измерения четырех каналов появляется в наглядном виде, причем кривые следуют движению зонда. При этом можно выделить границы разделов или места максимумов и минимумов. В последней четверти этих кривых, перпендикулярно оси глубин, располагается стоячая световая полоса. Данные измерения, выделяемые этой световой полосой, вместе с эффективными величинами глубин передаются в вычислительное устройство, подключенное к аппаратуре, в случае, если оператор желает проводить интерпретацию в данной точке.

Вычислительное устройство типа РКТ 1096 обеспечивает диалоговую интерпретацию при помощи печатающего устройства типа КА-100. Постоянные величины, необходимые для интерпретации, задаются в ответ на вопросы, появляющиеся на печатающем устройстве. По своим запасу команд и емкости запоминающего устройства, вычислительное устройство аналогично общеизвестному вычислительному устройству типа ТИ-59 производства фирмы TEXAS. По желанию потребителя интерпретация может осуществляться при помощи программ, хранящимся в электронном запоминающем устройстве (ROM) или на магнитных картах. Поправки, соответствующие теоретическим вычислениям или эмпирическим формулам, вычисляются программами с помощью упрощенных формул с весьма удовлетворительным приближением. Система программ была составлена для интерпретации данных, получаемых в скважинах, бурящихся на воду, угли, бокситы или уран и она позволяет проводить одновременную интерпретацию пяти пластов. Результаты представляются печатающим устройством. Интерпретация осуществляется либо в поле одновременно с измерениями, либо впоследствии в процессе воспроизведения данных с магнитных лент.

При одновременном измерении нескольких параметров, аппаратура позволяет вводить поправки за смещение глубин, связанное с расстоянием чувствительных элементов зонда. Ввод этих поправок оказывается необходимым для экспресс-обработки данных на месте, причем благодаря этому проводимая впоследствии машинная обработка становится более точной. Для ввода данных с кассетных магнитных лент в вычислительное устройство, в Геофизическом институте ЭЛГИ разработаны устройства сопряжения с различными ЭВМ (напр. ЕС—1010; ТРА/S, МИНСК—32; НР 9825 и НР 9845).

2.3.5 Машинная обработка промыслово-геофизических данных

*Система интерпретации промыслово-геофизической информации**

Одновременно с внедрением ЭВМ типа ЕС—1035 в ЭЛГИ, была начата разработка системы интерпретации промыслово-геофизической информации (называемой SZIVER), предназначенной для обработки и интерпретации каротажных данных, получаемых в скважинах, бурящихся на твердые полезные ископаемые и на воды.

На первом этапе этой работы была решена задача программирования или адаптации следующих процедур на языке ФОРТРАН-IV:

- автоматическое согласование кривых по относительной глубине;
- точечный ввод поправок в кривые по палеткам;
- построение кросс-плотов, в том числе графиков частот и графиков Z;
- статистическая литологическая интерпретация по точкам глубины;
- отбивка границ пластов корреляцией;
- определение величин, характеризующих пласты;
- ввод поправок послойно по палеткам;
- послойная литологическая интерпретация;
- интерпретация в зависимости от данного вида полезных ископаемых (напр. вычисление пористости, объемного веса, водонасыщенности, рудосодержания, калорийности, зольности, и т. п.) при помощи палеток.

Усовершенствование системы программ позволит в будущем осуществлять обработку данных по скважинам и по площадям.

*Корреляционный метод одновременного определения скорости распространения звуковых волн и их затухания***

Разработан корреляционный метод, предназначенный для выделения пучка продольных и поперечных волн, определения их характеристик и, — при наличии соответствующих условий — для опознавания прямых волн. Выделение прямой волны позволяет определить точность метода, а именно таким образом, что скорость распространения прямой волны сопоставляется с хорошо известной величиной скорости распространения, измеряемой в воде. При этом предполагается использовать измеренную

* Сендрё Д.

** Бекаши Ч.

эффективную скорость распространения волн в жидкости, заполняющей горные породы, для вычисления пористости.

Работы по этому методу выполняются в двух этапах:

1. определение функции корреляции в каждой точке глубины, поиск минимума;
2. оценка величины Δt , определенной по корреляции по критерию непрерывности кривой Δt .

Характеристики, получаемые при помощи корреляционного метода:

- доброты корреляции;
- интервал времени Δt между двумя приемниками, соответствующий времени распространения;
- суммарная интенсивность прокоррелированного пучка волн по обоим приемникам (сумма квадратов амплитуд).

По этим данным можно построить графики Δt , скорости, амплитуды (или отношения амплитуд) и затухания.

Вышеуказанный корреляционный метод основывается на изучении идентичности форм поступающих сигналов, в связи с чем — при соответствующих исходных условиях — он позволяет опознавать и коррелировать продольные и поперечные волны.

Выделение пакета прямых волн может осуществляться подобным образом, благодаря чему можно непосредственно определять скорость распространения волн в жидкости, заполняющей горные породы, которая используется для вычисления пористости.

Определение скорости распространения и затухания продольных и поперечных волн дает возможность вычислять физические параметры, которые могут лишь оцениваться другими методами. Так, вычисление коэффициентов прочности и упругости горных пород дает результаты, которые представляют собой прямо используемую информацию об условиях напряжения, характерных для пройденных скважиной отложений. Наиболее значительным считается изучение напряженности, имеющей непосредственное отношение к безопасности горных работ, но в гидрологии и в нефтяной промышленности характеристики напряжения и насыщения продуктивных пластов также играют важную роль. Для вычисления, кроме скорости распространения продольных и поперечных волн, необходимо знать величины объемного веса, получаемые по кривым ГГК. Таким образом, с использованием формул хорошо известных из литературы, можно вычислять следующие характеристики прочности горных пород: число Пуассона, модуль Юнга, модуль несжимаемости (упругость по объему) и модель среза.

При подстановке величин скорости, полученных в результате корреляционного анализа в хорошо известные соотношения, получаемые таким образом графики прочности пород могут использоваться для интерпретации. Дополнительная возможность открывается в области анализа интенсивности пакета звуковых волн, которые затем могут использоваться для построения графика затухания, а также для представления отношения интенсивности пакетов продольных и поперечных волн в виде графиков. Такой график необходим, прежде всего, для интерпретации экспериментальных измерений, проводимых в нефтяных скважинах для выделения контактов между пластами, заполненными различными жидкостями.

2.3.6 Лабораторный анализ глинистых исходных материалов для производства цемента*

В рамках сотрудничества с Цементными заводами Хейэчаба и Вац в 1980 г. была разработана методика аппаратурного анализа глинистых исходных материалов, необходимых для производства цемента и создан промышленный автомат-анализатор типа МТА-1527-2000, предназначенный для решения этой задачи.

Для управления промышленным процессом производства цемента, необходимо точно знать составляющие SiO_2 , Al_2O_3 , CaO и Fe_2O_3 в глинистых веществах. В отличие от установок, разработанных до сих пор для целей добычи боксита и производства алюминия, было необходимо разработать установку, работающую при условиях измерений, резко отклоняющихся по сравнению с стандартными установками.

В следующей таблице для сопоставления приводятся диапазоны концентраций вышеуказанных составляющих в бокситах и в исходных материалах производства цемента:

Составляющая	Бокситы	Глины
Al_2O_3	45 — 55%	12 — 23%
SiO_2	4 — 13%	52 — 75%
CaO	0,4 — 3%	0,4 — 3%
Fe_2O_3	18 — 25%	3 — 7%

Составляющие SiO_2 и Al_2O_3 определяются, по-прежнему, по методу нейтронно-активационного анализа (НАА). Разработан и создан новый тип активационного устройства, в котором поле тепловых нейтронов был

* Реннер Й., Шиклош А.

увеличен в такой степени, чтобы оно было пригодным для измерения сравнительно малых концентраций составляющей Al_2O_3 с достаточной для промышленности точностью. Введены соответствующие изменения также в устройствах для определения концентрации CaO и Fe_2O_3 , работающих по методу XRF. Определение концентрации CaO осуществляется путем предварительного задания импульсов. С использованием соответствующего канала исключен эффект поглощения, связанный с различиями матриц анализируемых образцов. Для определения концентрации Fe_2O_3 был выбран прием, аналогичный с предыдущим с точки зрения электронной схемы, но отличающийся по технике измерений. В связи с характерным излучением повышенной интенсивности, эффект матрицы имеет в этом случае пониженное значение и поэтому целесообразным оказалось осуществлять предварительное задание времени.

На *рис. 82* представлен общий вид установки МТА-1527-2000, созданной для анализа глинистых веществ, на *рис. 83* показана принципиальная схема установки, а на *рис. 84* — схема пневматической системы, работающей автоматически в сопоставлении с системой, работающей в ручном режиме.

увеличен в такой степени, чтобы оно было пригодным для измерения сравнительно малых концентраций составляющей Al_2O_3 с достаточной для промышленности точностью. Введены соответствующие изменения также в устройствах для определения концентрации CaO и Fe_2O_3 , работающих по методу XRF. Определение концентрации CaO осуществляется путем предварительного задания импульсов. С использованием соответствующего канала исключен эффект поглощения, связанный с различиями матриц анализируемых образцов. Для определения концентрации Fe_2O_3 был выбран прием, аналогичный с предыдущим с точки зрения электронной схемы, но отличающийся по технике измерений. В связи с характерным излучением повышенной интенсивности, эффект матрицы имеет в этом случае пониженное значение и поэтому целесообразным оказалось осуществлять предварительное задание времени.

На *рис. 82* представлен общий вид установки МТА-1527-2000, созданной для анализа глинистых веществ, на *рис. 83* показана принципиальная схема установки, а на *рис. 84* — схема пневматической системы, работающей автоматически в сопоставлении с системой, работающей в ручном режиме.

3 ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ

В Тиханьской обсерватории продолжалась непрерывная запись общей величины *геомагнитного поля* F и их составляющих D , H , Z , с использованием устройств, описанных в Годовом отчете за 1979 г.

Для информации можно отметить, что средняя за 1980 г. величина наиболее часто используемого магнитного параметра, склонения:

$$\overline{D}_{1980,5} = 1^\circ 2'$$

Координаты Тиханьской геофизической обсерватории:

$$\varphi = 46^\circ 54,0' \text{ С}$$

$$\lambda = 17^\circ 53,6' \text{ В}$$

$$h = 187 \text{ м}$$

В отчетном году также были проведены сравнительные измерения с обсерваториями соседних стран, что дает возможность постоянного контроля.

Продолжались измерения по опорной магнитной сети страны, т. е. определение величин F , D и H в опорных пунктах.

В области исследования *ионосферы-магнитосферы* в течение всего отчетного года записывались свистящие атмосферерики при помощи аппаратуры, установленной в Тиханьской обсерватории. Закончена статистическая обработка данных измерений и вычислены графики плотности электронов. Выполнены связанные с этим обязанности по передаче данных.

Интересное явление было обнаружено при сопоставлении записей перловых пульсаций, записанных в Обсерватории Надьценк Исследовательского института по геодезии и геофизики АН ВНР с записями свистящих атмосфериков, полученными в Тиханьской обсерватории. Их повторяемость имеет хорошую корреляцию за несколько лет, причем за последнее

* Чапо Г., Хельмеги Л., Ломници Т., Мартон Е., Полхаммер М., Шархиди А., Сабо З., Тот П., Варга П.

время эта повторяемость достигла весьма низкого уровня для обоих видов пульсаций. На этой основе можно предполагать, что для их повторяемости характерна периодичность, совпадающая с циклом солнечных пятен.

Уменьшающееся количество свистящих атмосфериков и пониженное качество их записей потребовали разработки другого метода их записи и обработки. В сотрудничестве с Кафедрой по микроволновой технике связи Будапештского университета были разработаны принципиальные схемы цифровой аппаратуры для записи и первичной обработки записей свистящих атмосфериков и моделированием была подтверждена их применимость.

Для дополнительной автоматизации обработки данных начато создание банка данных, который будет включать в себе все полученные до сих пор данные наблюдений.

В области наблюдений над *земными приливами* в Тиханьской обсерватории был установлен регистрирующий гравиметр типа La Coste-Romberg, принадлежащий Техническому институту Дармштадта, с использованием которого наблюдения будут проводиться приблизительно 2—3 года. В первой половине отчетного года с использованием гравиметра типа Аскания были проведены наблюдения над земными приливами в Пенце, в Обсерватории по космической геодезии, а затем, во второй половине года, в рамках австрийско-венгерского сотрудничества, были начаты наблюдения на станции Грацкого технического университета.

По поручению Предприятия нефтяной и газовой промышленности (г. Надьканижа), с использованием данных изучения давления, проведенного в скважине, была сделана попытка определить пористость коллекторов. Как известно, земные приливы приводят к деформации коры (и вместе с тем коллекторов). На воздействие этого, вслед за изменением порового пространства, пористости коллекторов, в скважину нагнетается жидкость, что приводит к изменению давления. Для описания связи изменения давления (P) и пористости (Φ) можно задать следующее выражение, исходя из работы Robinson и Bell:

$$\Phi = \left[\frac{(2h - 6l)A \cdot E_F \cdot E_R}{P} - E_F \right] \cdot \frac{1}{E_R - E_F} \quad (7)$$

где

- h и l — числа Love, характерные для поведения упругой Земли;
- A — амплитуда теоретической дилатации, действительная для жесткой, неупругой Земли, которая может быть подсчитана с высокой точностью по астрономическим данным для каждой полуденной и суточной приливной волны;
- E_F — модуль сжатия жидкости;
- E_R — модуль сжатия матрицы пород.

Изучение пористости по формуле в значительной мере затрудняется за счет того, что величина E_R почти никогда не известна. Исходя из различных анализов физических параметров горных пород была принята величина ок $(2,0—2,5) \cdot 10^{11}$ дин/см². Однако, по результатам ранее проведенных исследований известно, что погрешность, связанная с неточным определением модуля сжатия матрицы пород оказывается небольшой. Формула (7) дает величину так называемой эффективной пористости, так как она представляет информацию о содержании в породах мобильной жидкости.

Большое значение имеет вопрос о том, для какой окружности скважины характерна полученная величина пористости. Согласно определению дилатации Δ

$$\Delta = \frac{\Delta T}{T}, \quad (8)$$

где ΔT — объем дилатированной жидкости, а T — объем жидкости, подвергавшейся дилатационному движению. По теоретическим вычислениям можно определить величину Δ :

$$\Delta = 0,48 \Delta.$$

Исследования показывают, что объем дилатированной жидкости для отдельных элементарных приливных волн равен 150—200 см³. Принимая 10%-ную пористость, по формуле (8) дилатации, возникающей на воздействии лунносолнечных эффектов подвергается окружность скважины порядка 10 м.

Была сделана попытка выявить лунносолнечный эффект и определить на этой основе пористость по временному ряду наблюдений над изменением давления, проведенных до сих пор для 15 скважин. На *рис. 85* представлены спектр изменения давления, наблюденного в скважине Надлендшел-301, а также спектры атмосферного давления и температуры. Спектр изменения давления, наблюденного в скважине, был определен по серии наблюдений продолжительностью ок. 2 недель. О наличии лунносолнечного эффекта свидетельствует то обстоятельство, что отношение полуденных (30°/ч) и суточных (15°/ч) волн получается таким же, как в теоретическом приливе. Опыт показывает, что результаты наблюдений сильно искажаются метеорологическими эффектами, в частности изменениями температуры. Исключение метеорологических эффектов связано с затруднениями, так как они отражаются прежде всего на частотах приливов или в непосредственной их близости, и поэтому математической фильтрацией их нельзя устранить. Так, с помощью регрессионного анализа мы искали статистическую связь между результатами наблюдений давления и спектрами метеорологических элементов в полосах, удален-

ных от диапазона лунносолнечных частот. Полученные таким образом уравнения были использованы для ввода поправок в величины давления в диапазоне лунносолнечных частот еще до их анализа, в случае, если между спектрами изменения давления и метеорологическими спектрами намечалась корреляционная связь на частотах приливов. Спектр изменения давления, полученный для скважины Надьлендел-301 и представленный на рис. 85, не имеет тесной связи с метеорологическими эффектами (были получены коэффициенты корреляции от 0,2 до 0,45) и так, по спектру изменения давления, по амплитудам 0,12 кПа и 0,09 кПа полученным для этой скважины для суточных и полуденных волн, соответственно, формула (1) дает величины пористости 15% и 20%, соответственно.

Поскольку применявшаяся модель является идеализированной и не учитывает особенности данного конкретного случая, определенные таким образом величины пористости могут считаться пока лишь скорее коэффициентами пропорциональности и не величинами пористости в абсолютном смысле слова. Однако, заслуживает внимания тот факт, что величины „пористости“, полученные всего для четырех скважин Надьленделского района, практически совпадают.

В области *геодезической гравиметрии* в 1980 г., в качестве первого этапа осуществления „Единой гравиметрической сети“ социалистических стран, в трех пунктах были определены абсолютные величины g . Измерения проводились с использованием переносного лазерного гравиметра советской разработки, работающего на принципе свободного падения. Пункты абсолютных величин находятся в Будапеште, Серенче и Кэсеге, так, вместе с пунктом, созданным в 1978 г. в Шиклоше, Венгрия имеет 4 пункта с определенными абсолютными величинами g (рис. 86).

С использованием результатов измерения абсолютных величин g , а также наблюдений по опорной сети первого класса, была определена поправка для исходных величин Потсдамской гравитационной системы (Таблица IV). Подсчитанные нами величины поправки хорошо согласуются с поправками, определенными в других странах по измерениям, проведенным лазерным гравиметром.

Таблица IV

Пункт измерения	Поправка	Погрешность
	[mGal]	
Siklós	- 13 999	±0,041
Budapest	- 13 954	±0,039
Szerencs	- 13 922	±0,043
Kőszeg	- 13 961	±0,040
Средняя	- 13 959	±0,041

В области усовершенствования гравиметрических сетей начат повторный замер гравитационной опорной сети второго класса, причем была проведена гравиметрическая приязка 180 пунктов.

Завершена обработка гравиметрических данных, полученных в международном сотрудничестве по Карпато-Балканскому полигону, созданному в 1978—79 гг. и по полигону, созданному в 1979 г. в Видине (НРБ) для изучения колебания горизонта воды.

Палеомагнитные исследования по опорному геологическому разрезу холма Модьорошдомб в районе Шюмег

В 1980 г. завершено изучение интервала разреза от верхнего кимериджа до нижнего берриаса (158 образцов по интервалу 140 м). На первом этапе образцы брались через 1—1,5 м, позднее сделано сгущение с таким расчетом, чтобы каждая магнитная зона была представлена не менее, чем двумя образцами.

Чистка образцов проводилась термообработкой. Интенсивность намагниченности, в частности после размагничивания, часто почти не превосходила уровень шумов магнитометра типа JR-4, в связи с чем, для выделения полезного сигнала проводились повторные измерения. Намагниченность оказалась многокомпонентной, причем для полного устранения вторичных компонентов было необходимо достигать температуры 500—545 °C (рис. 87). Однако, в некоторых случаях при температурах выше 300 и 400 °C интенсивность естественной намагниченности (NRM) уменьшилась ниже уровня шумов магнитометра, и так, для определения полярности пришлось использовать образцы, очищенные при температурах ниже 500 °C. Само собой разумеется, что полученные таким образом направления являются менее достоверными по сравнению с остальными (рис. 88).

По направлениям естественной намагниченности, определенным после термообработки образцов, были определены положение кажущихся магнитных полюсов (Virtual Geomagnetic Pole, VGP), а затем, — положение древнего геомагнитного полюса как среднее от этих направлений.

Для иллюстрации зон полярности применялся метод „широта VGP“, широко распространенный за последние годы. Сущность этого метода заключается в том, что по кажущимся положениям полюсов (VGP) вычисляется среднее положение полюса. Полученный таким образом средний полюс поворачивается к географическому северному полюсу и вместе с тем поворачиваются кажущиеся полюсы около этой же точки вращения, под таким же углом. Координата широты кажущихся полюсов после вращения однозначно характеризует широту отдельных VGP по отношению к тогдашним северному и южному полюсам, т. е. нормальный или

реверсный характер намагничения образца. Поскольку при определении полярности методом учитывается не только знак наклонения, но и склонение, при его использовании получается магнитостратиграфическая шкала, более достоверная по сравнению с классификацией зон, опирающейся на определении одного лишь наклонения.

Изменение широты VGP в зависимости от расстояния указывает на многократное изменение полярности магнитного поля в опорном Шюмегском разрезе. [На рис. 88 кроме широты VGP, показаны изменения интенсивности NRM в естественном состоянии (In_0) и при размагничении, использованном для определении полярности (In_c)].

Однако, магнитостратиграфическая шкала представляет собой разделение на зоны полярности, относящиеся ко времени. Калибровка шкалы мощностей пластов района Шюмег по геологическому времени была осуществлена по определению *Calpionella*, проведенному геологом Э. Филадельфа.

Перечисление образцов соответствует их положению в разрезе (устное сообщение).

№№ образцов	Геологический возраст	Абсолютный возраст	
2796	Киммерийский	142 ± 1	м. л.
2799	Граница кимериджа-титона	140,5 ± 1	м. л.
2801	Киммерийский	141,5 ± 1	м. л.
2671	Верхн. титон	137 ± 1	м. л.
2677	Верхн. титон	136 ± 1—2	м. л.
2689	Верхн. титон	136 ± 1	м. л.
2826	Низы берриаза	134—135 ± 2	м. л.

Абсолютный возраст был оценен путем приведения зоны *Calpionella* к шкале геологического возраста, опубликованной Van Hinte (1976). Из вышеприведенного перечисления видно, что возрасты в такой форме не могут использоваться для калибровки шкалы полярности. В связи с этим данные о возрасте, вместе с степенью недостоверности, представлены в зависимости от расстояния до точки приведения профиля (столб электролинии в начале профиля, (рис. 89). При равномерной скорости осадконакопления пункты можно было бы аппроксимировать единственной прямой. Однако, в изучавшемся интервале Шюмегского опорного профиля скорость осадкообразования была непостоянной. По имеющимся палеонтологическим данным на расстоянии ок. 70 м скорость осадконакопления изменилась (при равномерном уплотнении пластов). По этой диаграмме скорости были определены возрасты для границ зон, выделяющихся в Шюмегском разрезе.

На рис. 90 сопоставлены магнитостратиграфическая шкала, полученная по палеомагнитным исследованиям района Шюмег и шкалы, определенные по океаническим магнитным аномалиям (условные обозначения: белый цвет — реверсная зона; черный — нормальная зона; вопросительный знак — отсутствие образцов, абсолютный возраст в милл. л.: измененная Лондоская шкала времени; М-17 пронумерованные реверсные зоны мезозоя). Как нам известно, до сих пор не были опубликованы работы по изучению образцов подобного возраста.

В колонке 1 приведена шкала Van Hinte (1976); в колонке 2 — Шюмегские зоны полярности, в колонке 3 — измененная шкала Ларсона и Хильде (1976). О колонке 4 будет идти речь позднее.

В колонках 1 и 3 имеется мало сроков, для которых полярность аналогична, причем различна и продолжительность зон. Положение было бы несколько более благоприятным, если бы напр. из реверсных зон, пронумерованных авторами, зоны М-17 были параллелизированы. Однако, в этом случае приходилось бы предполагать степень неуверенности ок. нескольких миллионов лет. Значительное различие намечается также между Шюмегской шкалой полярности (колонка 2) и шкалой Van Hinte (колонка 1), в то время, как первая и зона 3 характеризуются подобием во многих отношениях. Наиболее значительное совпадение получается в реверсный период длиной, подобной зонам М-17+М-16 (колонка 3) в колонке 2 (от 136,5 до 138,7 милл. лет) с двумя нормальными событиями, продолжавшимися короткое время. В Шюмегском профиле нормальная зона, моложе М-16, характеризуется частой сменой полярности. Частое появление смены зон в материковом разрезе означает, что тут разрешающая способность оказывается более высокой. Картина М-17 в колонке 3 подобно наиболее длинной реверсной зоне колонки 2.

Исходя из вышеизложенного была сделана попытка коррелировать колонки 2 и 3. Параллелизуя верхнюю границу М-16 с верхней границей Шюмегской длинной реверсной зоны, и оставляя низы разреза на своем первоначальном месте длина интервала разреза более древних пород увеличивается в 1,25 раз. Это означает, что предполагается более медленное осадконакопление, чем это следует из палеонтологических данных. Результаты приведены в колонке 4. Между зонами колонок 3 и 4 существует весьма хорошая корреляция, если учитывать, что в основе калибровки обеих шкал лежат определенные допущения (так напр. осадкообразование и раздвижка дна океана равномерны по крайней мере периодически). Однако, следует заметить, что в Шюмегском разрезе не обосновано различать М-16 и М-17, поскольку в разрезе материковых отложений длинный реверсный период разрывается лишь двумя мгновенными нормальными событиями.

Скорость осадкообразования по данным палеомагнитных исследова-

ний в интервале первых 70 метров считая от точки приведения, т. е. в верхней юре, составляет 8,7 м за 1 миллион лет.

Интервал разреза, переустроенного по магнитостратиграфической корреляции, характеризующийся возрастом менее 135,2 милл. л., представляет собой короткий период, если принять перхний возраст, следующий из результатов исследования *Calpionella*. Это значит, что скорость осадкообразования сильно увеличилась в период нижнего мела (43 м/милл. л.) и повороты поля имели место очень часто (в колонке 2 38 зон за 3,5 мил. лет, а в колонке 4—38 зон за 2,2 милл. лет). Однако, возможно, что верхняя граница возраста, определенная по палеонтологическим данным, сместится при палеомагнитном изучении дополнительной части разреза.

Из проведенного до сих пор исследования Шюмегского разреза кажется, что по магнитостратиграфическим данным границу юра-мел целесообразно отбить на шкале времени, представленной на рис. 89, против 135,2 милл. лет, там, где весьма характерная длинная реверсная зона сменяется частым обращением поля.

Геофизические работы за-границей

*Международная геологическая экспедиция в Монголии**

В рамках Международной геологической экспедиции, работающей в Монголии, продолжались разведочные работы партией геологического картирования (созданной Геологическим институтом как подрядчиком) и комплексной геофизической партией.

Решаемые геофизические задачи были связаны с геологическим картированием. Детальная комплексная геофизическая съемка была проведена на некоторых из рудопроявлений флюорита, редких металлов, сульфидов и полиметаллических оруденений для изучения геологического строения и определения района развития оруденений. Эффективный результат был получен анализом кривых затухания ВП, изучением динамических параметров, что позволило судить о текстуре оруденения. Кроме наземной геофизической съемки проводились и каротажные работы в некоторых скважинах.

В результате работы, проведенной в 1980 г. в Северно-Керуленской зоне были завершены, кроме региональной съемки, геологическое картирование масштаба 1:50 000 и 1:10 000 и дополняющие его геофизические работы. В данном районе продолжается детальная разведка выявленных рудных месторождений.

*Сейсморазведка в Греции***

В 1980 г. через Внешнеторговое предприятие НИКЕКС Геофизический институт заключил контракт с Национальным нефтяным предприятием Греции на проведение сейсморазведочных работ МОВ. Работы проводились в северной части Греции на площади ок. 1800 км², ограниченной городами Тессалоники, Жаннитса, Веррия и Катерини. Эта площадь

* Жилле А.

** Коня А.

представляет собой бассейн Тессалоники, расположенный в южной части Вардарской зоны, по краям которой имеются палеозойские и мезозойские обнажения. Глубина бассейна превышает 4000 м.

Наблюдения проводились по профилям, отмеченным Национальным Нефтяным предприятием Греции, с использованием сначала аппаратуры DFS-IV, а затем DFS-V.

Общий километраж заснятых сейсмических профилей составляет 446 км, причем применялась схема наблюдений с 12-кратным перекрытием и шагом сейсмоприемников 50 м. Основная часть профилей приходится на равнинные районы, где высотные отметки над уровнем моря изменяются в пределах от 5 до 20 м. По данным проведенных опытных работ взрывы проводились в скважинах глубиной 30 м.

Проведенная экспедицией работа позволила испытать передвижной сейсмический центр первичной обработки сейсмических данных типа ЕС-1010 (его описание см. в Годовом отчете за 1978 г.) в неизвестных условиях. Центр, встроенный в автомашину хорошо протерпевал длинный транспорт, а также климатические условия, в значительной мере различающиеся от венгерских.

*Водопоисковые работы в Ливии**

Предприятия НИКЕКС и ОВИБЕР создали совместное предприятие по буровым работам в Ливии под названием NIKEX-OVIBER DRILLING COMPANY. В результате конкурса этому предприятию было поручено бурение 30 скважин для получения оросительной воды в равнине Ефара, на 80 км южнее, юго-западнее города Триполи в районе Вади-Абу-Шайбах. По данным скважин, пробуренных в соседних районах, и главным образом по данным ранее проведенных французскими геофизиками геофизических работ, водоносная толща представлена триасовыми трещиноватыми, карстовыми известняками, залегающими на глубинах 100—300 м от дневной поверхности. Эта водоносная толща известняков характеризуется пористостью и гидродинамическими особенностями, резко изменяющимися как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях. В связи с этим заказчик поручил нам проводить ВЭЗ с $AB_{\text{макс}} = 3000—4000$ м на местах запроектированных скважин и между ними, по данным которых можно судить о мощности и степени трещиноватости перспективной на воды толщи. Эти наблюдения, а также обработка полученных данных проводились Геофизическим институтом по контракту, заключенному с вышеуказанным предприятием. Через две недели после завершения полевых работ, о результатах был составлен предварительный отчет,

* Драшкович П., Немеш Л.

в котором было описано 4 основных типа в пределах площади 60—80 км². Различия между типами районов связаны с различиями в глубинах залегания кровли и подошвы перспективной толщи, степени их трещиноватости (удельном сопротивлении). На каждом из 4 типов районов было пробурено по 1 скважине. После обработки геологических, гидрогеологических и каротажных данных, получаемых в этих скважинах, будет составлен окончательный отчет о проделанной работе.

В скважинах каротажные работы выполняются также Геофизическим институтом с использованием каротажной аппаратуры типа К-600 собственной разработки.

Существующий фонд *Библиотеки* состоит из 22 515 книг и журналов и из 25 776 прочих изданий. За 1980 г. фонд увеличен на 652 книги, 460 выпусков (2107 шт) журналов, 810 документационных изданий и 180 проспектов приборов. (По сравнению с 1979 г. общий фонд библиотеки был уменьшен по планомерно проведенному уменьшению состава: на 545 томов журналов и на 6035 прочих публикаций.) Фонд журналов был увеличен на 14 новых журналов. В рамках международного обмена публикациями было получено 756 изданий и выслано 2204 публикации Института в 58 стран, в 552 адреса.

За отчетный год Библиотека обслуживала всего 5623 читателей/абонентов.

* * *

За 1980 г. были опубликованы:

1. Годовой отчет Венгерского геофизического института им. Л. Этвеша за 1979 г.
2. Геофизический Бюллетень, вып. 26.
3. Годовой отчет Тиханьской геофизической обсерватории за 1978 г.
4. Бюллетень Рабочей группы 3.3. КАПГ (Изучение земных приливов) № 3.



Egyetemi Nyomda — 81.7252 Budapest, 1981.

Felelős vezető: Sümeghi Zoltán igazgató

